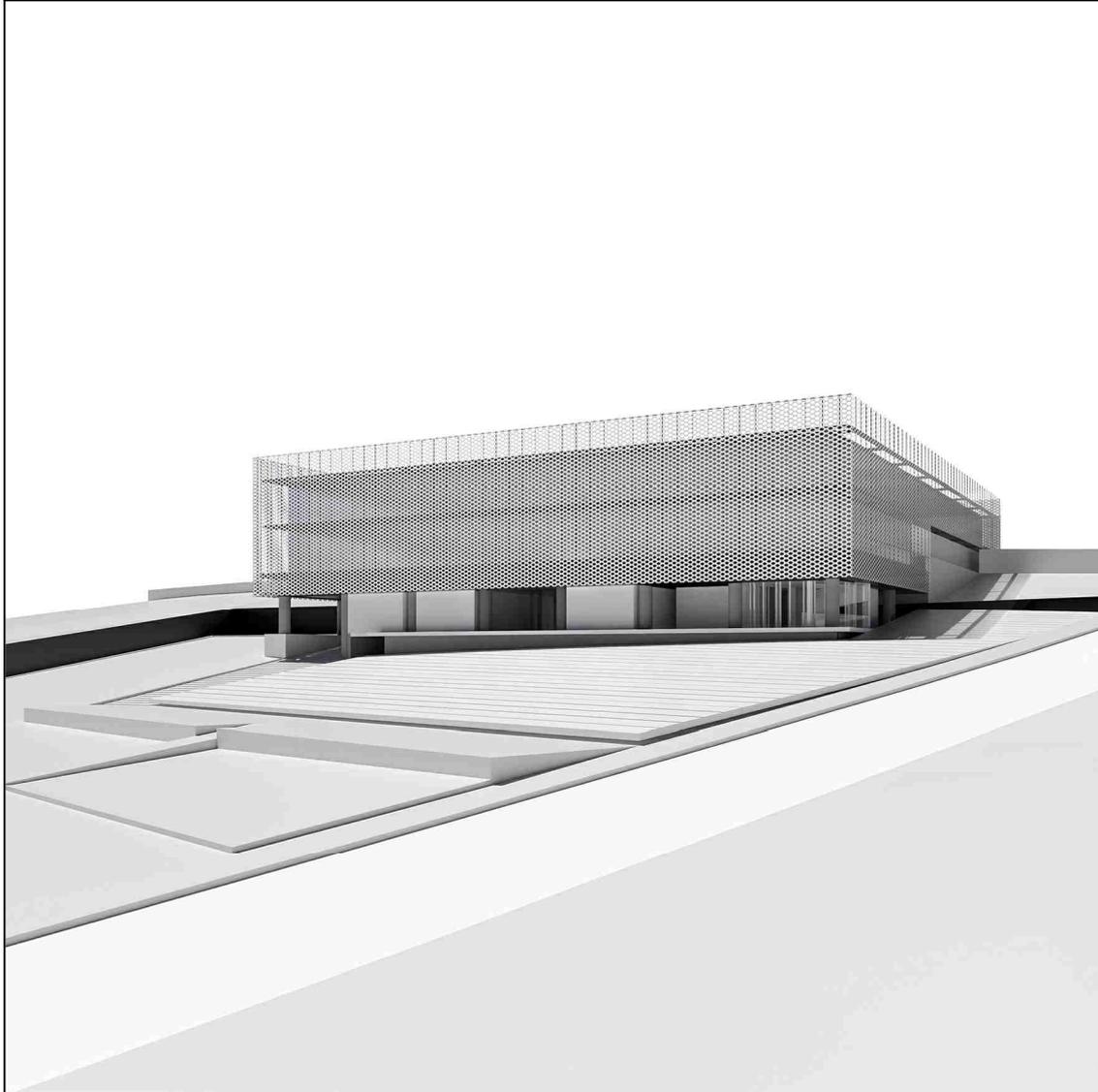


Comune di Camerino
CRU_CENTRO RICERCA UNIVERSITARIA
Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n.489 / 2017 art.6

PROGETTO ESECUTIVO



UNIVERSITA' DI CAMERINO
SAAD

Scuola di Ateneo
Architettura e Design "E. Vittoria"

Responsabile Unico del Procedimento:
Ing. Gian Luca Marucci

Coordinamento Progetto:
prof. Luigi Coccia
prof. Graziano Leoni

Progettazione Architettonica:
prof. Luigi Coccia
prof. Marco D'Annunziis

Progettazione Strutturale:
prof. Andrea Dall'Asta
ing. Stefano Pasquini

Progettazione Impiantistica:
ing. Matteo Massaccesi

Monitoraggio e sensoristica
Prof. Alessandro Zona

Consulenza Geologica:
dott. Giuseppe Capponi

Consulenza Geotecnica:
ing. Michele Morici

Progettazione del verde:
arch. Sara Cipolletti
arch. Alessandro Gabbianelli

Collaboratori:
arch. Alessandro Caioni
dott. Jacopo Di Antonio
ing. Laura Gioiella
ing. Fabio Micozzi
arch. Fabio Scarpecci

D

ELABORATO:

0 1 1 (0)

**RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE
FONDAZIONI LOCALI TECNICI**

15.12.2018

D. 011 (0)	CRU_Centro Ricerca Universitaria <i>Relazione geotecnica e sulle fondazioni locali tecnici</i>	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI LOCALI TECNICI
		Rev. 0 - Dicembre 2018
		Pag. 1 di 13

▪ **INDICE**

1.	OPERE DI FONDAZIONE - CRITERI GENERALI DI PROGETTO	2
2.	GENERALITA' SULL'ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE	2
3.	INDAGINI NELLA FASE DI PROGETTO ESECUTIVO E DI COSTRUZIONE	3
4.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
5.	RELAZIONE D'INDAGINE.....	3
5.1.	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU).....	3
5.2.	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE).....	4
6.	caratterizzazione e modellazione geologica del sito;	4
7.	caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo;.....	4
7.1.	Azioni	5
7.2.	Resistenze	5
8.	COLORMAP PRESSIONI TERRENO	7
9.	COLORMAP DEFORMAZIONI SLE	10
10.	Piani di controllo e monitoraggio.	13
11.	CONCLUSIONI.....	13

D. 011 (0)	CRU_Centro Ricerca Universitaria <i>Relazione geotecnica e sulle fondazioni locali tecnici</i>	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI LOCALI TECNICI
		Rev. 0 - Dicembre 2018
		Pag. 2 di 13

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI LOCALI TECNICI

Ai sensi del cap.6 delle NTC 2018

Comune di: CAMERINO Provincia di: MACERATA
Committente: Università degli Stui di Camerino
Oggetto: CRU - Centro Ricerca Universitaria

Nella seguente relazione vengono illustrati i dettagli ed i risultati dei calcoli relativi alla capacità portante del terreno, alle azioni di progetto e alle relative verifiche imposte dalle NTC 2018.

1. OPERE DI FONDAZIONE - CRITERI GENERALI DI PROGETTO

Il terreno su cui si dovrà realizzare l'opera in oggetto, è sito nel comune di CAMERINO in Provincia di MACERATA.

L'area sulla quale verrà realizzata l'opera presenta una pendenza media pari a circa il 20 %. Per questo motivo sono state realizzate verifiche accurate sulla stabilità dei versanti, redatte dal Dott. Geol. Giuseppe Capponi e riportate nell'allegata Relazione Geologica e Geofisica - Allegato D

Le scelte progettuali per le opere di fondazione sono state effettuate contestualmente e congruentemente con quelle delle strutture in elevazione.

Sulla base delle osservazioni sin qui eseguite, nonché delle risultanze delle indagini effettuate, si è ritenuto opportuno dover scegliere come fondazioni, per tutte e tre i locali tecnici, una platea in cemento armato dello spessore di 50 cm, ridotto a 45 nella casamatta.

Il piano di fondazione sarà posto a circa 130 cm dall'attuale piano campagna, e cioè sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua. Tale valore si riferisce al livello di approfondimento MINIMO, preso in considerazione anche per il calcolo della capacità portante.

Le strutture di fondazione rispettano le verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio e le verifiche di durabilità. I risultati di tali verifiche sono riportati in fondo alla seguente relazione

Visti e considerati i carichi trasmessi al suolo ed al tipo di fondazione scelto si dichiara che gli effetti della costruzione dell'opera su manufatti attigui e sull'ambiente circostante, NON sono rilevanti, eccezion fatta per la casamatta, il cui carico trasmesso al locale di alloggio del macchinario di spinta per l'esecuzione della prova sismica è stato preso in considerazione nel dimensionamento delle strutture fondali e di contenimento dell'edificio principale, come riportato nella relazione D.001(0) - relazione geotecnica e sulle fondazioni.

2. GENERALITA' SULL'ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

Le scelte di progetto, i calcoli e le verifiche sono state basate sulla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo ottenuta per mezzo di indagini geologiche e geofisiche.

I calcoli di progetto comprendono le verifiche di stabilità e le valutazioni del margine di sicurezza nei riguardi delle situazioni ultime che possono manifestarsi sia nelle fasi transitorie di costruzione sia nella fase definitiva, per l'insieme manufatto-terreno.

D. 011 (0)	CRU_Centro Ricerca Universitaria <i>Relazione geotecnica e sulle fondazioni locali tecnici</i>	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI LOCALI TECNICI
		Rev. 0 - Dicembre 2018
		Pag. 3 di 13

La scelta del coefficiente di sicurezza è stata motivata in rapporto al grado di approfondimento dell'indagine effettuata sul terreno, in base all'affidabilità della valutazione delle azioni esterne, tenendo conto anche del previsto processo costruttivo e dei fattori ambientali.

Nella progettazione sono state considerate le singole fasi e modalità costruttive.

In corso d'opera si controllerà la corrispondenza tra le caratteristiche geotecniche assunte in fase di progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il progetto esecutivo.

In rapporto alla stabilità globale dell'insieme opera-terreno, per la caratterizzazione e la stratigrafia del sottosuolo si è fatto riferimento a quanto noto, così come dettagliatamente descritto nella "Relazione geologica, geotecnica".

3. INDAGINI NELLA FASE DI PROGETTO ESECUTIVO E DI COSTRUZIONE

Nella fase di progetto esecutivo, le indagini sono state dirette ad approfondire la caratterizzazione geotecnica qualitativa e quantitativa del sottosuolo per consentire una migliore scelta della soluzione progettuale, nonché ad eseguire in modo più consapevole ed idoneo i calcoli di verifica e definizione dei procedimenti costruttivi.

La validità delle ipotesi di progetto, verrà controllata durante la costruzione, considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori, il tutto per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 2 Febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

5. RELAZIONE D'INDAGINE

Lo studio delle caratteristiche meccaniche del sottosuolo, come in seguito dettagliatamente descritto, è stato effettuato tenendo conto anche dell'influenza dovuta alle costruzioni limitrofe, e comunque si fa riferimento alla "Relazione Geologica e Geotecnica" redatta nel Febbraio 2018 dal dott. geol. Giuseppe Capponi con sede in Pedaso (FM), per conto della Ditta Università degli Studi di Camerino.

5.1. Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa
- stabilità globale
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche saranno effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale (STR), il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Tabella 1: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali (Tab. 6.4.I. NTC 2018)

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

5.2. Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)

Si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione (§§ 2.2.2 e 2.6.2), nel rispetto della condizione (6.2.7).

Analogamente, forma, dimensioni e rigidità della struttura di fondazione devono essere stabilite nel rispetto dei summenzionati requisiti prestazionali, tenendo presente che le verifiche agli stati limite di esercizio possono risultare più restrittive di quelle agli stati limite ultimi.

Il progetto delle opere e dei sistemi geotecnici si è articolato nelle seguenti fasi:

6. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;

La verifica delle pressioni e dei cedimenti fondali è stata eseguita considerando la fondazione poggiata su suolo elastico alla Winkler.

7. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo;

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure seguenti.

Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (6.2.1)$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Ovvero

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right],$$

con $\gamma_E = \gamma_F$, e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right].$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \cdot \gamma_E$. Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

7.1. Azioni

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella Tabella sottostante. Si intende comunque che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidità.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

7.2. Resistenze

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva Tab. 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

Tab. 6.2.II – 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	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_Y	γ_Y	1,0	1,0

Nel seguente riquadro si riporta nel dettaglio il calcolo della capacità portante del terreno, per quello che riguarda le fondazioni superficiali, secondo le teorie di *Terzaghi* e di *Meyerhof*, come valore di riferimento si sceglierà la più cautelativa delle due.

Si è proceduto con il calcolo del valore di capacità portante nella situazione peggiore per le fondazioni, e cioè il punto più affiorante, posto ad una quota di 0.62 m dal piano di campagna.

Geometria della fondazione	Valore	Unità
Base	3,60	[m]
Profondità	1,30	[m]
Lunghezza	3,60	[m]
Eccentricità (Base)	-	[m]
Eccentricità (Lunghezza)	-	[m]
Inclinazione del carico	0°	[° gradi]

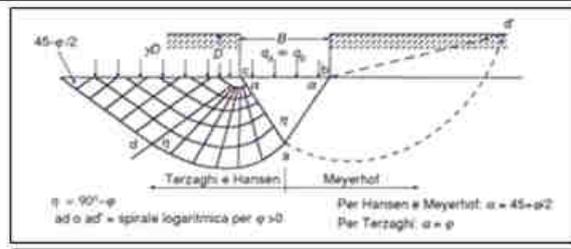
Dati Terreno	Valore	Unità
Peso Specifico	2,03	[t/m ³]
Angolo di attrito	19,03°	[° gradi]
Coesione	1,40	[t/m ²]

FS (fattore di sicurezza)	2,3
---------------------------	-----

FONDAZIONE:	QUADRATA
-------------	----------

Secondo Meyerhof:

<u>Fattori di forma</u>	sc =	1,21			
	sq = sg =	1,10			
<u>Fattori di profondità</u>	dc =	1,10			
	dq = dg =	1,05			
<u>Fattori d'inclinazione:</u>	ic = iq =	1			
	ig =	1			

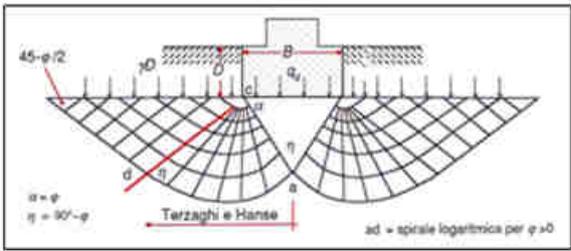


Nq =	5,80				
Nc =	13,93		Q =	1336,15	[t]
Ng =	2,40		q _{ult} =	53,79	[t/m ²]
			Q _{amm} =	23,39	[t/m ²]

Secondo Terzaghi:

<u>Fattori di forma</u>	sc =	1,3			
	sg =	0,8			

Nq =	5,80				
Nc =	13,93				
Ng =	3,30				



Q =	181,14	[t]			
q _{ult} =	50,32	[t/m ²]			
Q _{amm} =	21,88	[t/m ²]			

Pertanto la capacità portante del terreno in oggetto risulta essere pari a 21,87 t/mq, pari a 2,187 Kg/cmq

Calcolo costante di Winkler

Il calcolo della costante elastica di winkler, da tenere in conto per la progettazione della fondazione su suolo

c =	13,73	[KN/m ²]	$KW = 40 \cdot (c \cdot Nc + 0.5 \cdot g \cdot l \cdot Ng) + 40 \cdot (g \cdot Nq \cdot z)$		
Nc =	13,93	[-]	KW _[c] =	7.652,31	[KN/m ³]
N _γ =	3,30	[-]	KW _[g] =	1.315,52	[KN/m ³]
Nq =	5,80	[-]	KW _[q] =	6.001,94	[KN/m ³]
γ =	19,91	[KN/m ³]	Quindi il valore da prendere in considerazione come costante elastica per le fondazioni è pari a: 14969,78 KN/m ³ , equivalente a 1,5 Kg/cm ³ .		
l =	1,00	[m]			
z =	1,30	[m]			

Figura 1: Calcolo della Capacità Portante

8. COLORMAP PRESSIONI TERRENO

Si riportano nel seguito le mappe a colori delle pressioni indotte nel terreno degli elementi costituenti le fondazioni, sia relativamente allo stato limite SLU (A1) che allo stato limite SLU(GEO)

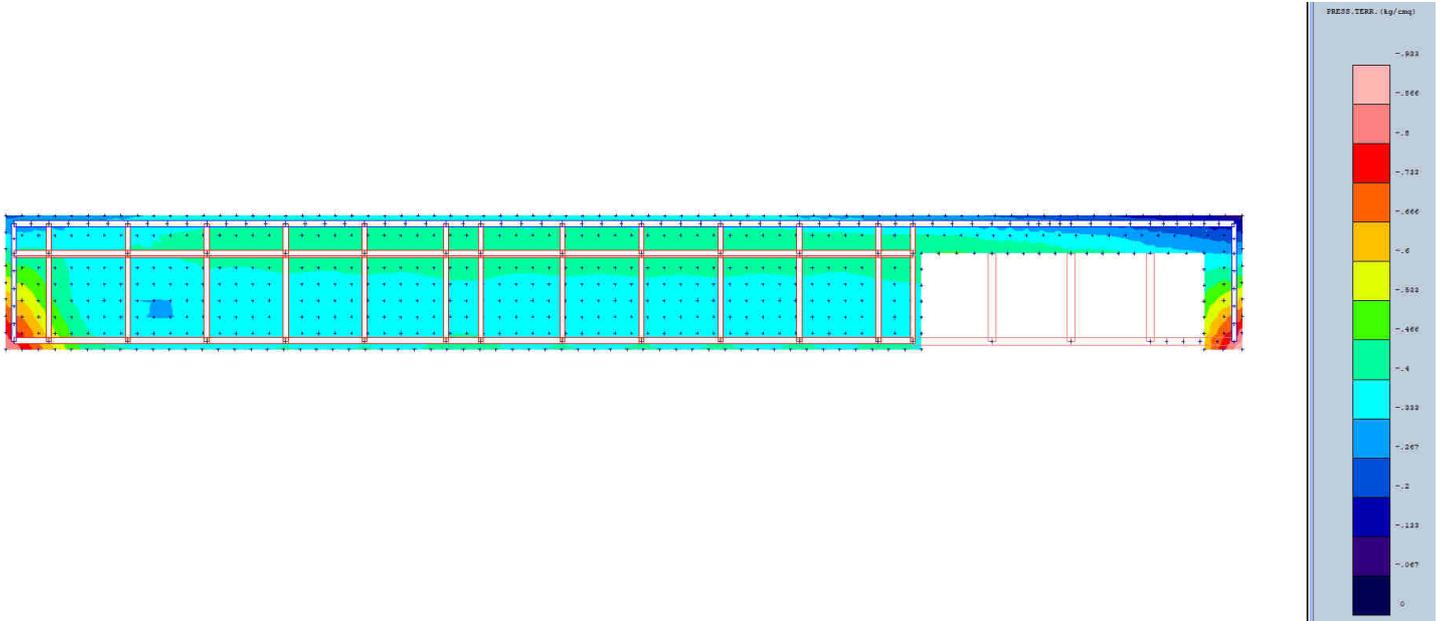


Figura 2: Pressioni terreno CASAMATTA: combinazione SLU (A1)

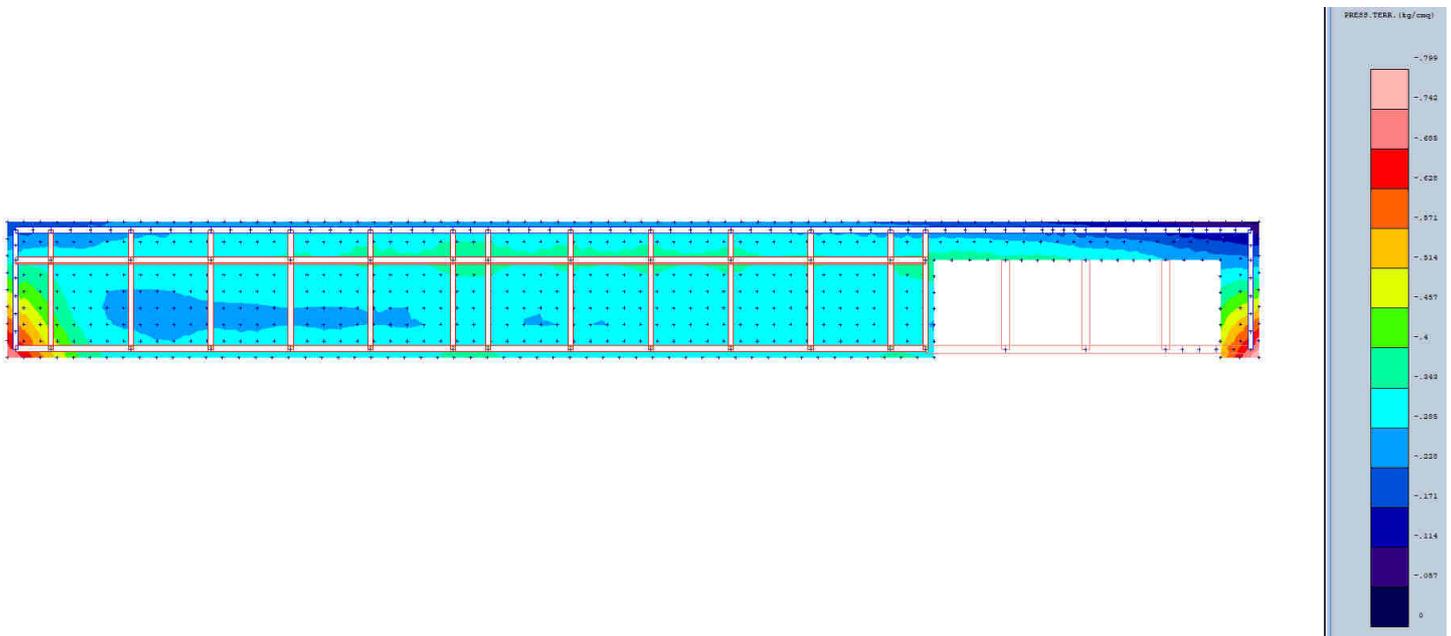


Figura 3: Pressioni terreno CASAMATTA: combinazione SLU (GEO)

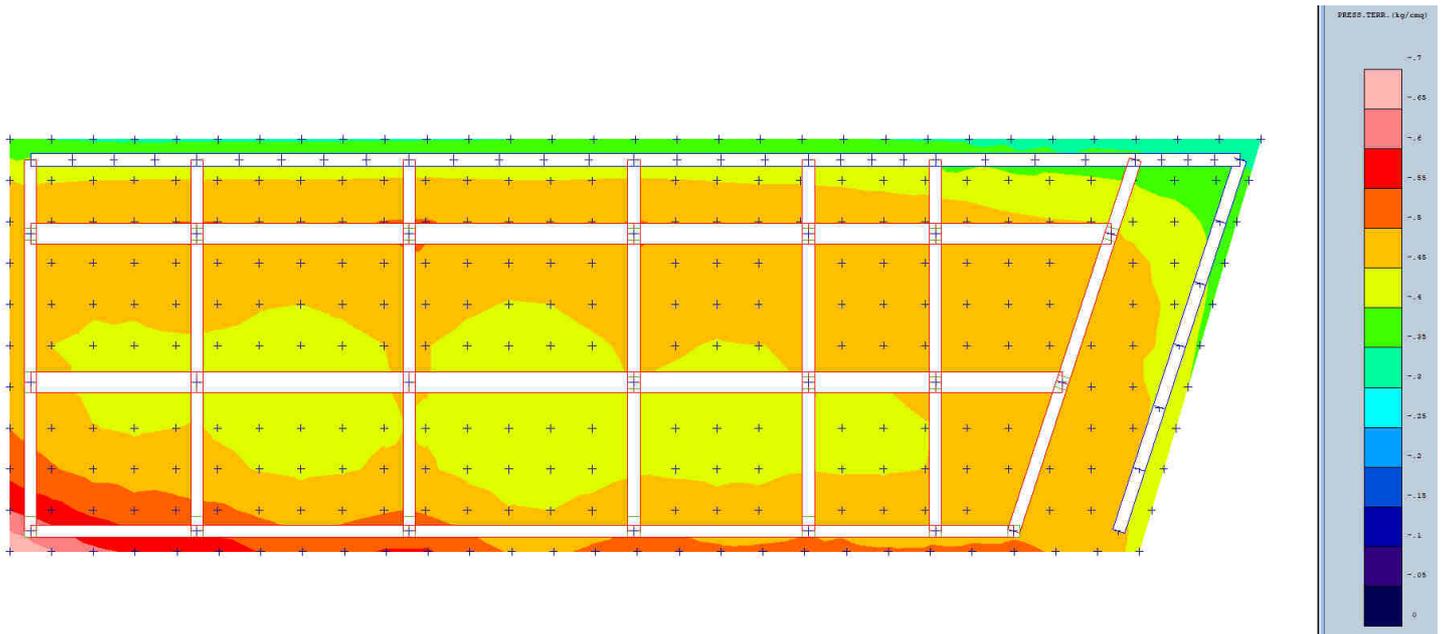


Figura 4: Pressioni terreno LOCALE TECNICO 1: combinazione SLU (A1)

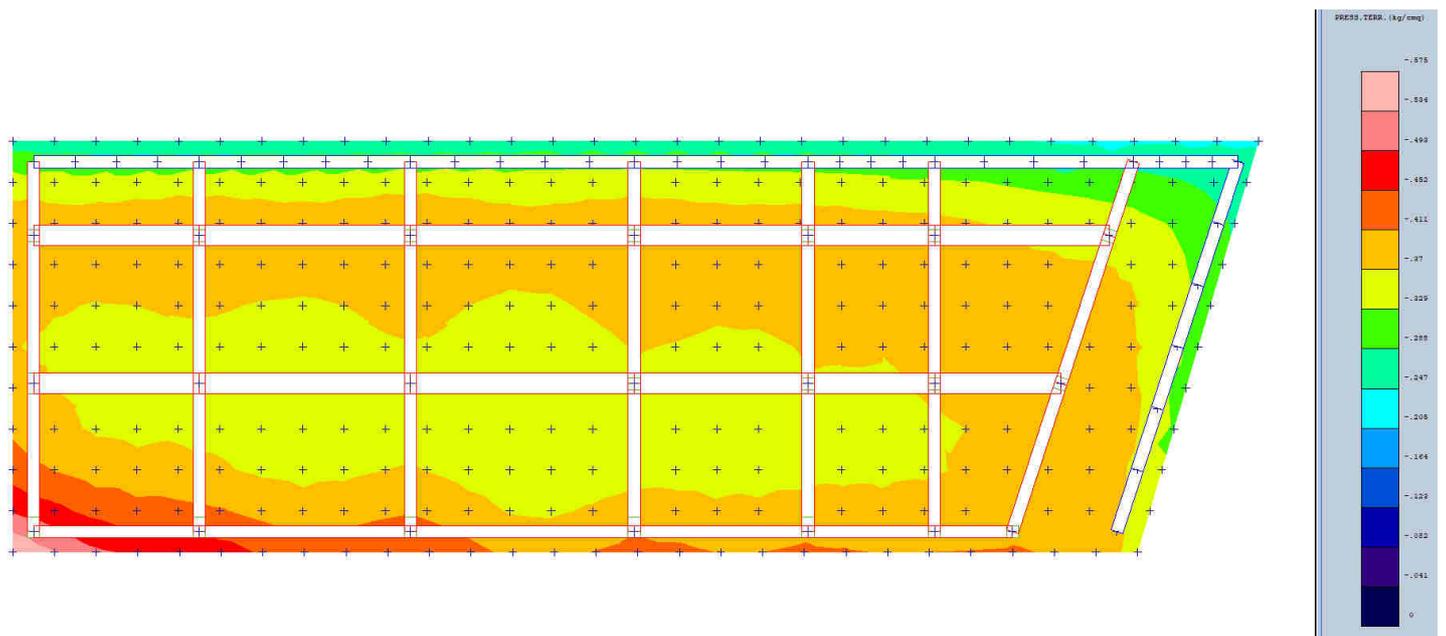


Figura 5: Pressioni terreno LOCALE TECNICO 1: combinazione SLU (GEO)

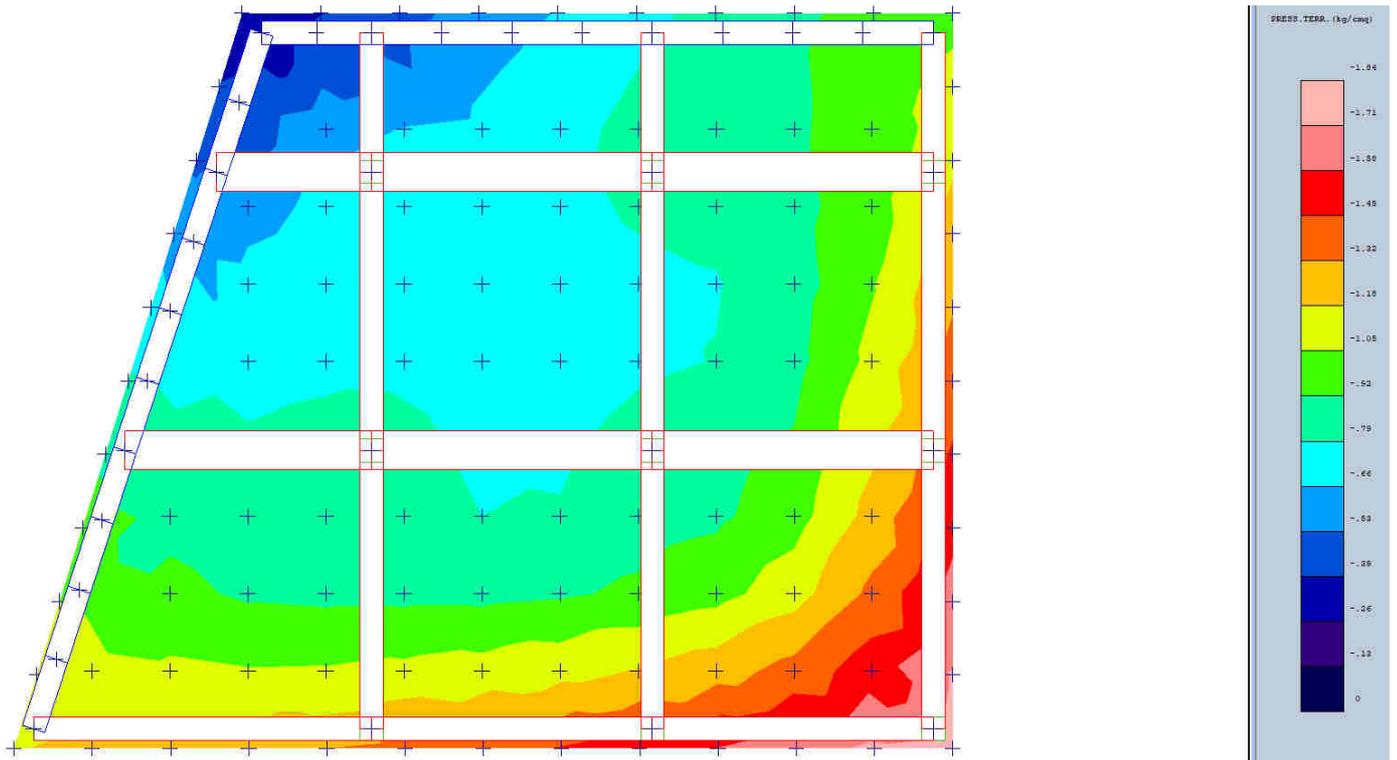


Figura 6: Pressioni terreno LOCALE TECNICO 2: combinazione SLU (A1)

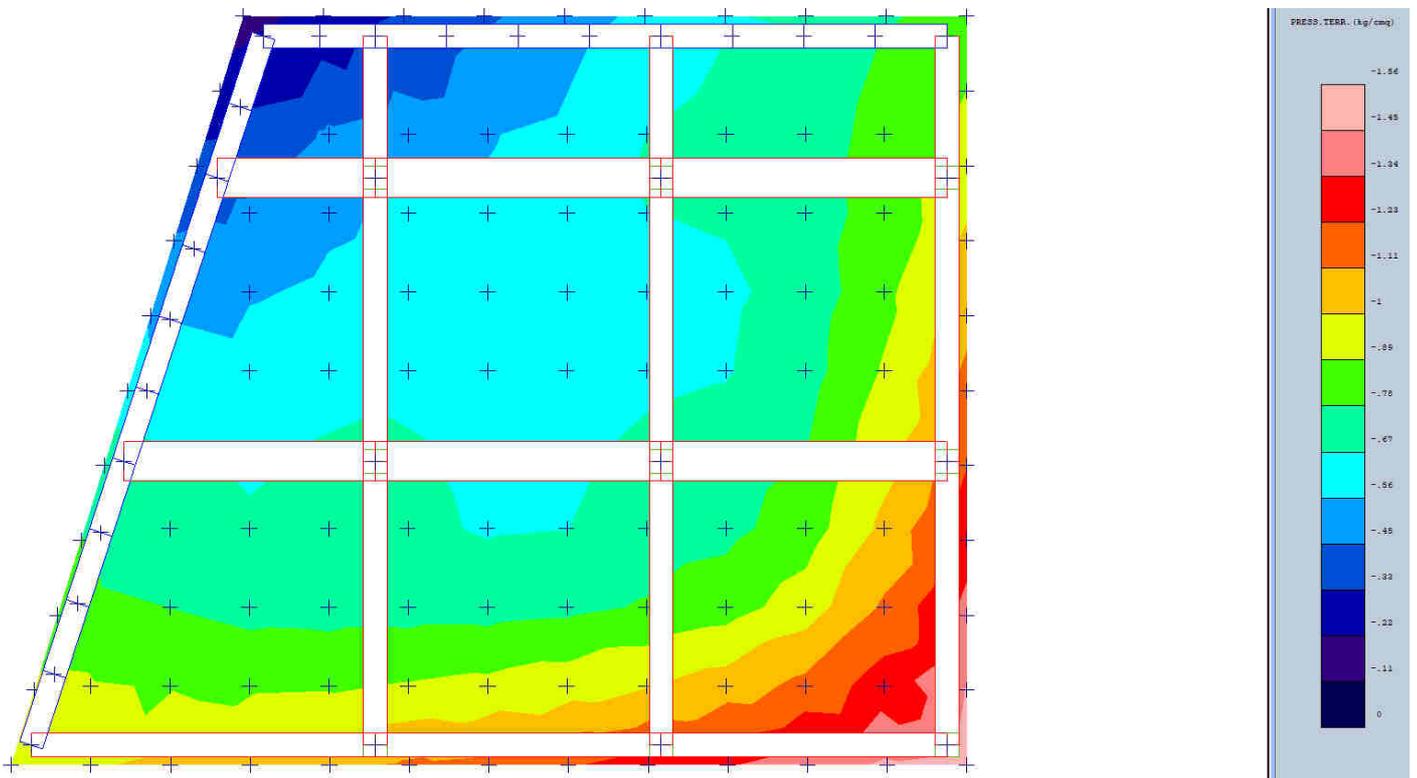


Figura 7: Pressioni terreno LOCALE TECNICO 2: combinazione SLU (GEO)

9. COLORMAP DEFORMAZIONI SLE

Si riportano nel seguito le mappe a colori delle deformazioni subite dalle fondazioni nelle combinazioni di carico SLE rare ed SLE permanenti

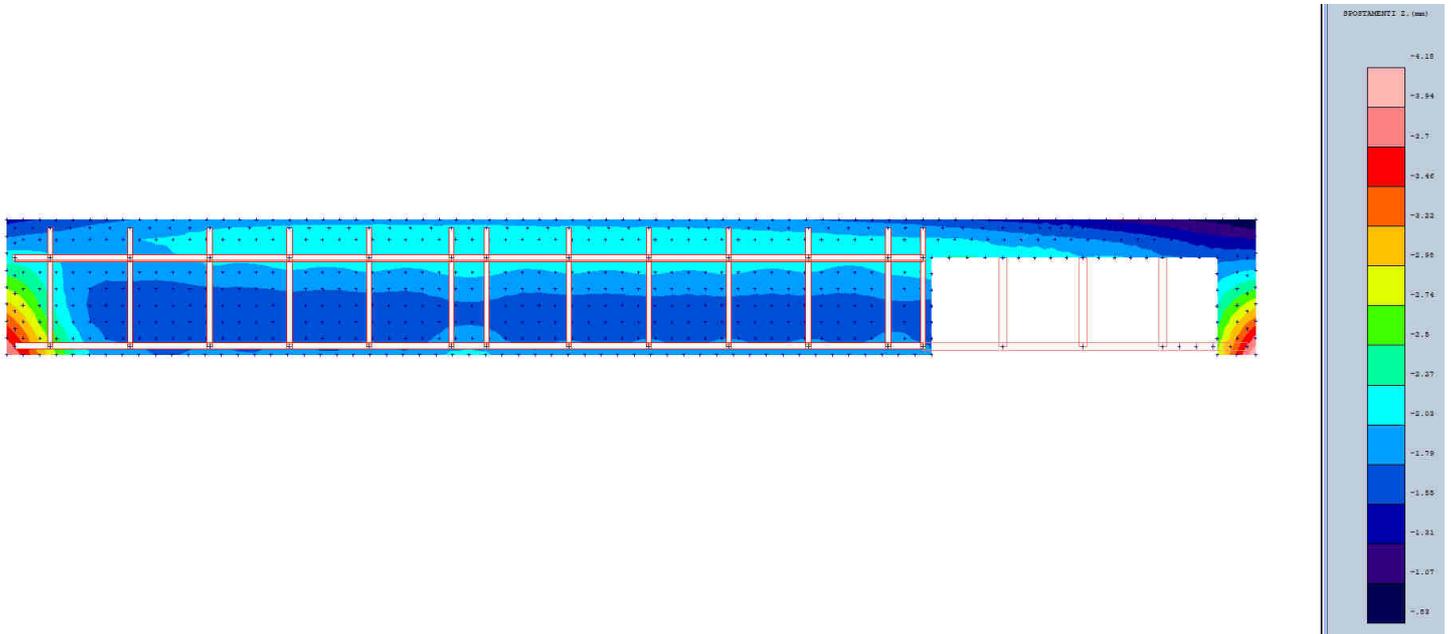


Figura 8: Deformazioni (z) - CASAMATTA - Combinazione SLE Rara

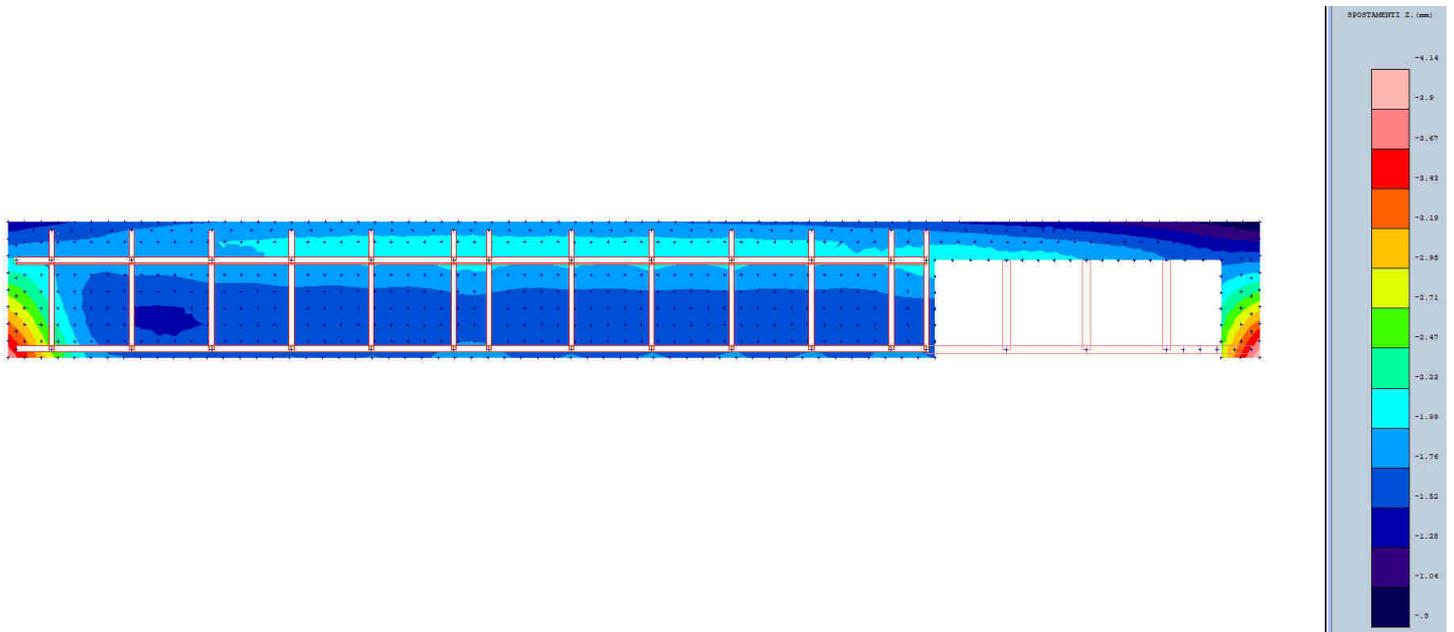


Figura 9: Deformazioni (z) - CASAMATTA - Combinazione SLE Permanente

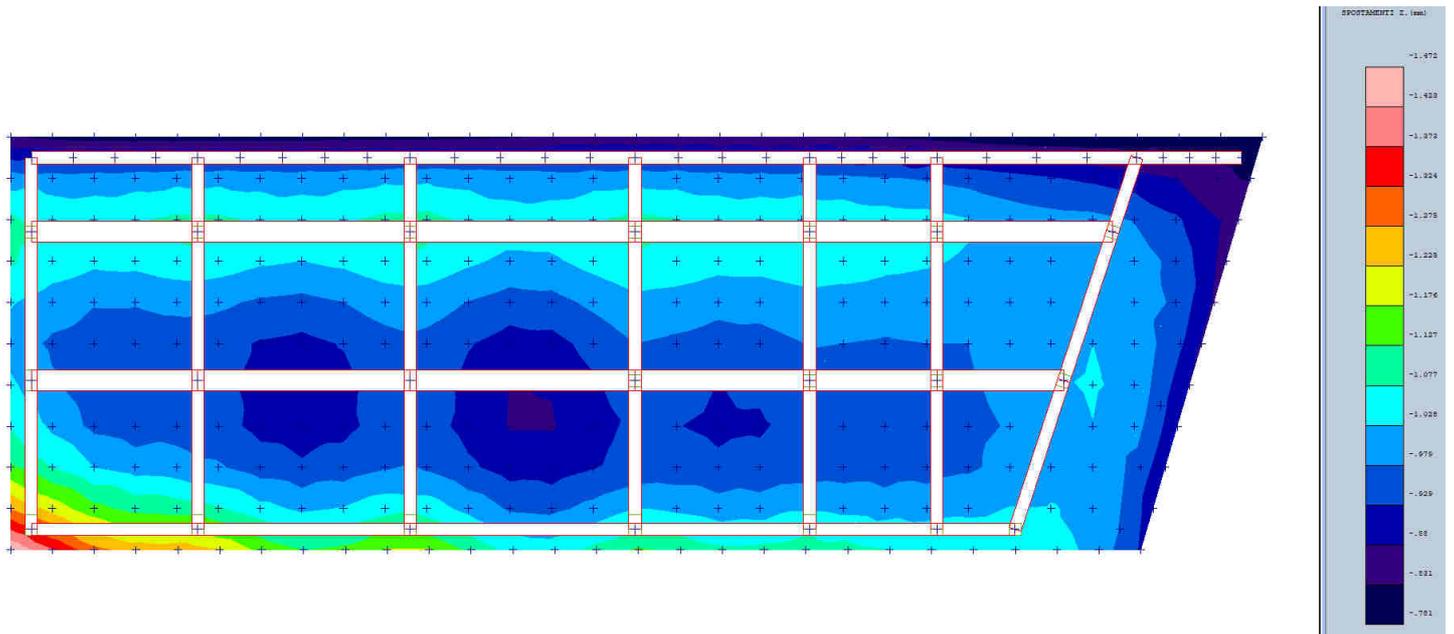


Figura 10: Deformazioni (z) - LOCALE TECNICO 1- Combinazione SLE Rara

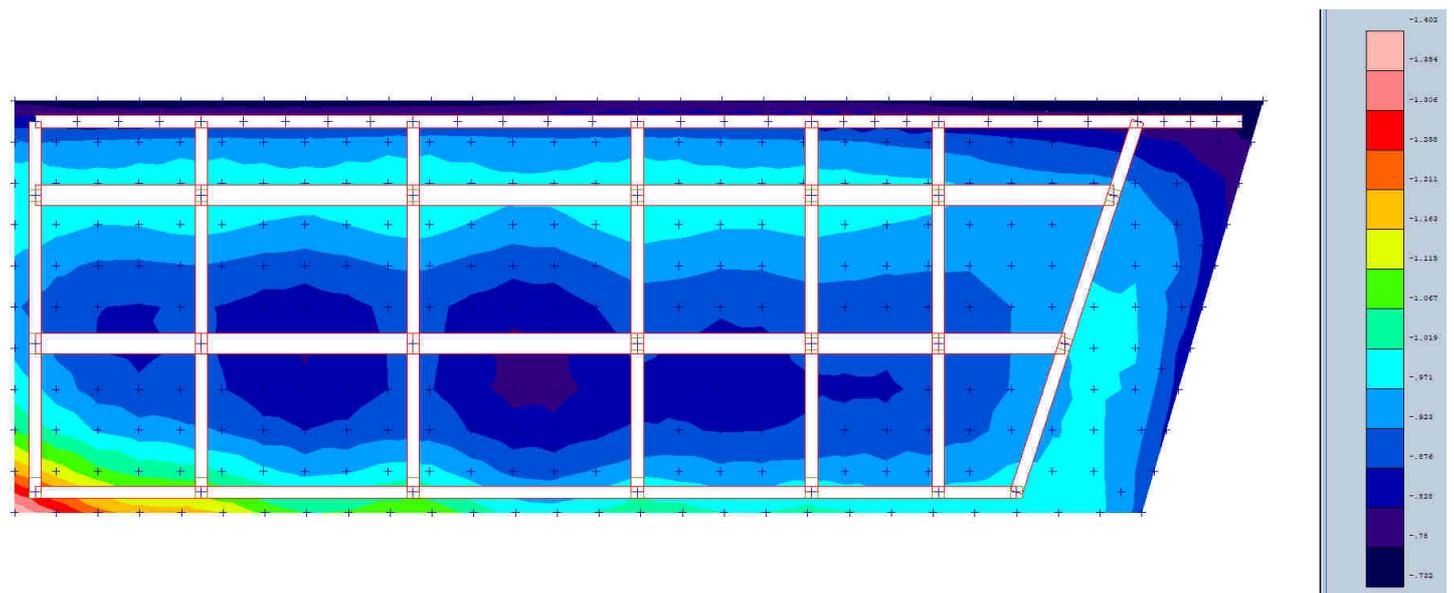


Figura 11: Deformazioni (z) - LOCALE TECNICO 1- Combinazione SLE Permanente

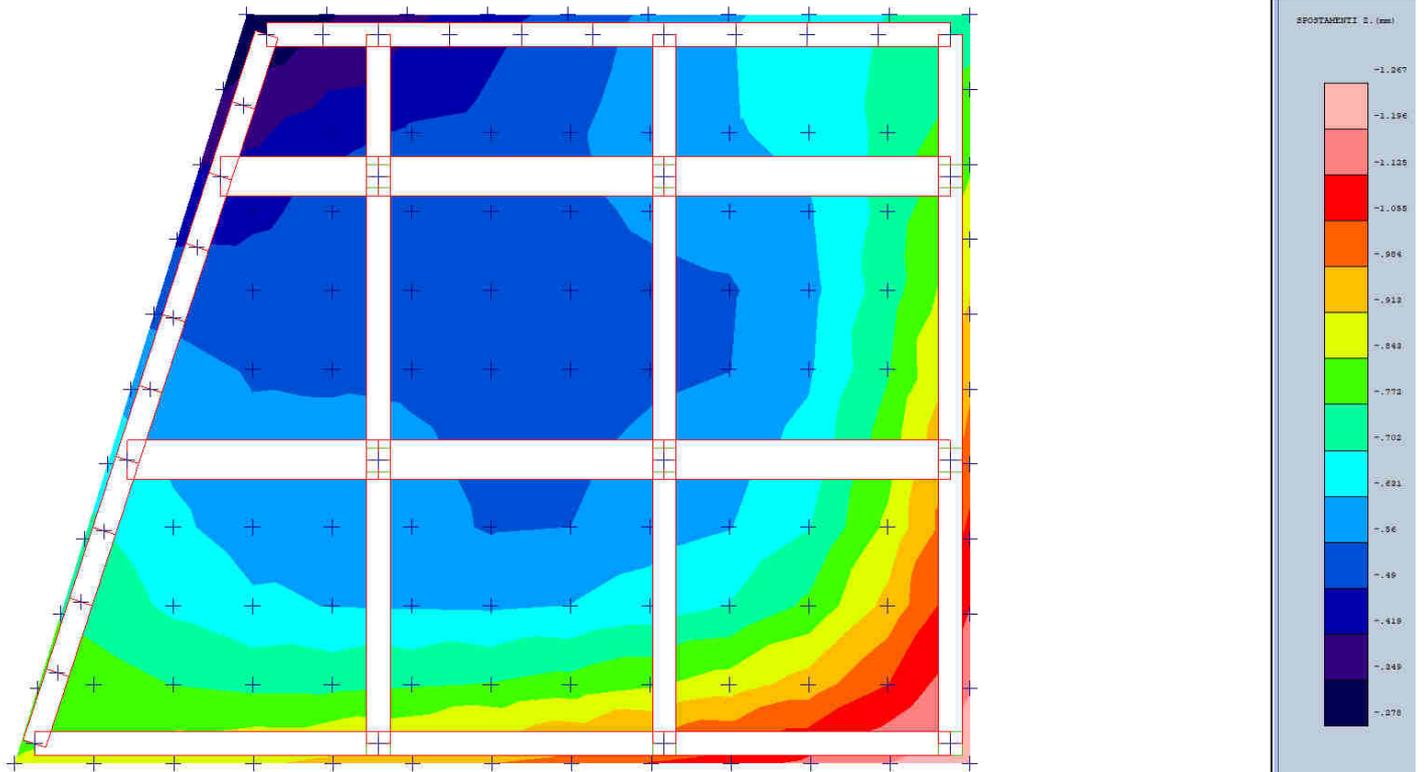


Figura 12: Deformazioni (z) - LOCALE TECNICO 2- Combinazione SLE Rara

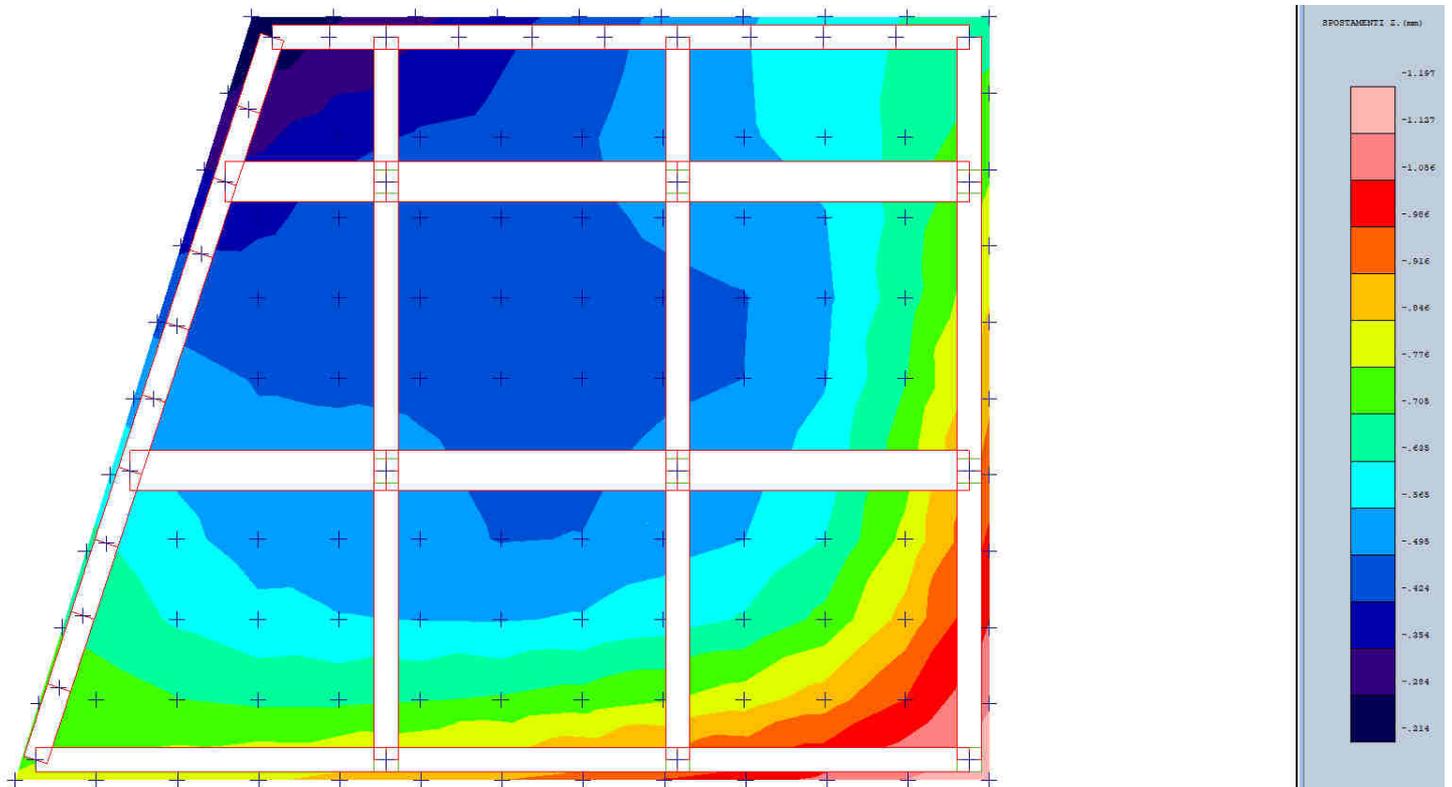


Figura 13: Deformazioni (z) - LOCALE TECNICO 2- Combinazione SLE Permanente

D. 011 (0)	CRU_Centro Ricerca Universitaria <i>Relazione geotecnica e sulle fondazioni locali tecnici</i>	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI LOCALI TECNICI
		Rev. 0 - Dicembre 2018
		Pag. 13 di 13

10.Piani di controllo e monitoraggio.

Pertanto visto quanto descritto finora, si dichiara che il tutto verrà eseguito, come già visto nei punti precedenti, conformemente a quanto riportato nelle NTC 2018.

In sede di esecuzione delle opere in fondazione, sarà cura dell'Impresa e del Direttore dei Lavori verificare costantemente la situazione geologica e far poggiare le opere di fondazione su terreno idoneo per evitare danni a persone e cose.

Il riferimento grafico costruttivo degli elementi descritti nella presente relazione, risulta essere il seguente

11.CONCLUSIONI

In base a quanto riportato nelle pagine precedenti, si ritiene il sistema fondale scelto perfettamente idoneo ad assolvere alle proprie funzioni, sia dal punto di vista della portanza che deformativo

Il Calcolatore delle opere
Ing. Stefano Romeo Pasquini