



Regione Emilia Romagna
Comune di Forlì
Provincia di Forlì

IMPIANTO FOTOVOLTAICO "CA' BELLETTI"

Progetto Definitivo

Progetto delle opere di rete per la connessione alla rete AT di e-distribuzione in regime di Cessione Totale per l'impianto di produzione da fonte di Solare per una potenza in immissione richiesta di 19.200,00 KW, sito in via SANSOVINI SNC, nel Comune di FORLÌ (FC)

COMMITTENTE

PRIMO BAGIONI

SVILUPPO PROGETTO



RICHIESTA DI BENESTARE DOCUMENTAZIONE DA ALLEGARE A ITER AUTORIZZATIVO

CODICE RINTRACCIABILITA': 418972551

0	18/02/2025	Emissione per Progettazione Definitiva	PLANET	GRASSO	VITALI
Revisione	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato
Progettista Ing. Matteo Zanatta 			Scala -	COMMESSA	
EMESSO PER	TITOLO		FILE	FOGLIO DI	FORMATO
<input checked="" type="checkbox"/> APPROVAZIONE	RELAZIONE DI CALCOLO OPERE IN C.A. - TERMINALE CAVO		CAP-06_01-RT - Rel. calcolo opere in c.a.	1 / 25	A4
<input type="checkbox"/> COSTRUZIONE			Documento No.		
<input type="checkbox"/> AS BUILT			CAP-06_01-RT		
<input type="checkbox"/> INFORMAZIONE					

INDICE

1	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	3
2	NORME	4
3	MATERIALI	5
4	NATURA DEL TERRENO	6
5	SPECIFICHE DEL PROGETTO.....	7
5.1	PRINCIPALI IPOTESI DI CALCOLO	7
5.2	PROGRAMMA DI CALCOLO	7
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO	8
5.4	CARICHI SISMICI	8
6	CARICHI.....	10
6.1	CARICHI PERMANENTI.....	10
6.2	SPINTA DEL TERRENO.....	10
7	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	12
7.1	METODO DI CALCOLO.....	12
8	INPUT DATA PER LA STRUTTURA DI SUPPORTO	15
8.1	DATI GENERICI.....	15
8.2	FORZE E CONDIZIONI DICARICO.....	16
9	VERIFICA DELLA STRUTTURA.....	18
9.1	VERIFICHE STRUTTURALI	18
9.2	VERIFICHE GEOTECNICHE	20
9.3	COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-TERRENO.....	21
10	VALUTAZIONE SUI CEDIMENTI FONDALI.....	24
11	CONCLUSIONI.....	25

1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La presente relazione è riferita alla struttura di supporto dei terminali da impiegare all'interno della Cabina Primaria di Capocolle in comune di Bertinoro (FC).

Sarà realizzata una fondazione portaterminali che sarà costituita da una vasca in c.a. di dimensioni in pianta 2,25x6,15m posta ad una profondità di 1,75m dal piano campagna. Le pareti hanno uno spessore di 25 cm. Sulle pareti della vasca saranno le 3 strutture portaterminali costituite da traliccetti realizzati con profili angolari bullonati tra loro.

La struttura è realizzata con profili angolari in acciaio: le quattro colonne sono costituite da profili L80x10 mentre i diagonali sono costituiti da profili L50x6. La struttura è alta 2,34m ed è ancorata al suolo con 4 piastre e 4 ancoraggi chimici.

Al di sopra delle due strutture sono posizionati i terminali.

Nella presente relazione viene eseguito il calcolo della sola struttura in acciaio del portaterminale nonostante il modello di calcolo realizzato comprenda anche la fondazione.

Il calcolo delle strutture è stato eseguito con il metodo semi-probabilistico degli stati limite, come richiesto dalle NTC2018, e con la modellazione della struttura agli elementi finiti fatta con il programma di calcolo Mastersap Top.

Le unità di misura presenti nella relazione sono:	Forza:	daN, N
	Massa:	kg
	Lunghezza:	m, cm, mm

2 NORME

Sono state prese in considerazione le seguenti norme:

1. Legge 5 Novembre 1971 n°1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale precompresso ed a struttura metallica”.
2. CNR-UNI 10011 giugno 1997: “Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”.
3. D. Min. Infrastrutture e Trasporti 17 Gennaio 2018: “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
4. Circolare 02/02/2009 n.617: “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»”.
5. D.M. 11 marzo 1988:di cui alla legge N. 339 del 28.06.1986 “Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne”

3 MATERIALI

Calcestruzzo per fondazioni e struttura:

C35/45: $f_{ck} = 350 \text{ daN/cm}^2$

$f_{cd} = 211,5 \text{ daN/cm}^2$

$E_c = 314760 \text{ daN/cm}^2$

Classe di esposizione: XC2

Acciaio per armature :

B450c: $f_{yd} = 3913 \text{ daN/cm}^2$

$E_s = 2000000 \text{ daN/cm}^2$

4 NATURA DEL TERRENO

Per l'analisi del terreno di fondazione sono stati presi in considerazione i risultati delle indagini eseguite e riportati nel Rapporto di prova geotecnico elaborato dal Dott. Geol. Massimo Castellaro.

L'indagine geognostica ha permesso quindi di definire la stratigrafia e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione.

Si rimanda all'elaborato relativo all'indagine geologica per i valori dei parametri,

Le indagini hanno potuto classificare il suolo anche dal punto di vista sismico. La categoria di appartenenza è risultata essere la "C": "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

Le verifiche delle strutture saranno eseguite in base alle vigenti normative e tenendo presente tutte le indicazioni fornite nella Relazione geologica.

5 SPECIFICHE DEL PROGETTO

5.1 PRINCIPALI IPOTESI DI CALCOLO

Nel presente documento è stata analizzata la fondazione mentre i terminali sono stati analizzati in un'altra relazione.

Il terminale è stato modellato come un cilindro pieno in porcellana per simularne il peso proprio.

I carichi presi in considerazione sono i carichi permanenti, la forza di cantilever, la forza di deflagrazione e i carichi dovuti alle forze sismiche. Non è stata presa in considerazione la forza vento in quanto la struttura si trova all'interno di un fabbricato.

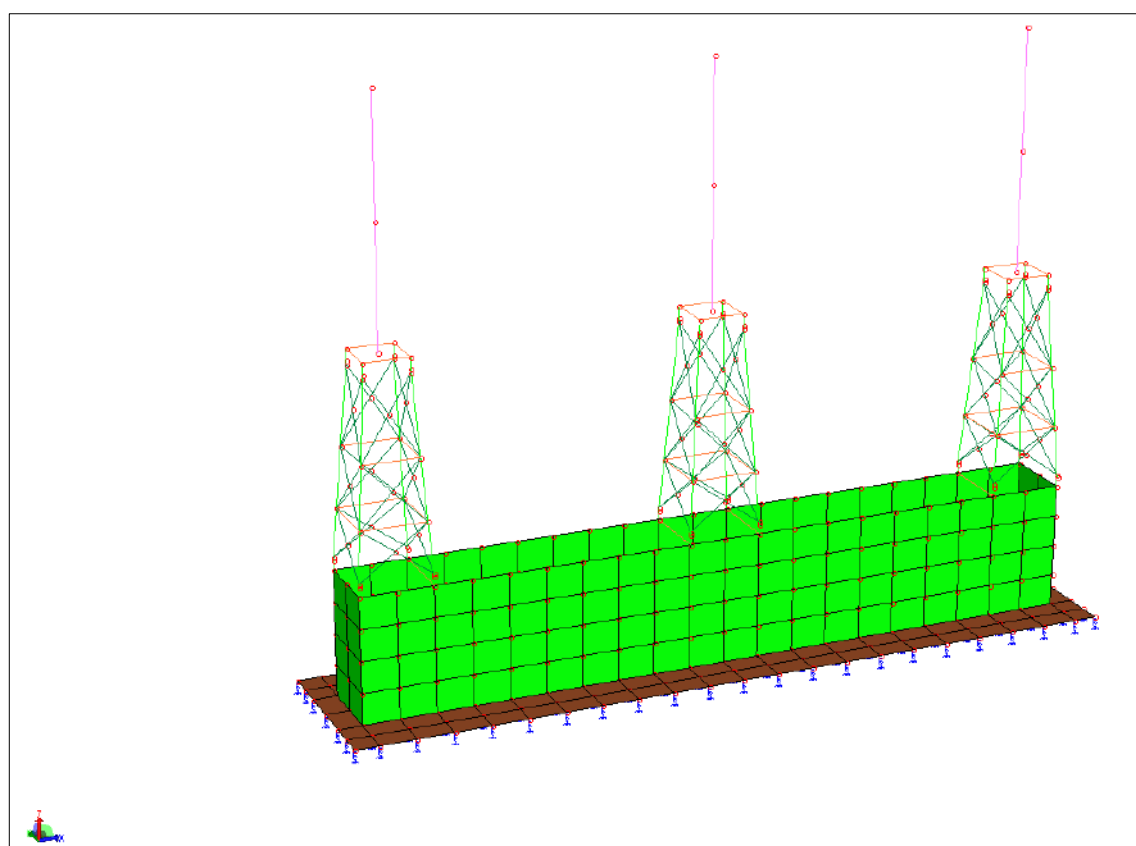
L'analisi è stata condotta secondo quanto previsto dalle NTC2018.

5.2 PROGRAMMA DI CALCOLO

Il calcolo è stato sviluppato utilizzando il programma di calcolo Mastersap Top, prodotto dall'azienda AMV (www.amv.it). È un programma che usa il metodo degli elementi finiti. Nel programma, l'utente lavora in un ambiente grafico dove inserisce la geometria della struttura e i carichi, lancia l'analisi strutturale, visualizza i dati in uscita, esegue il controllo e il dimensionamento del calcestruzzo, muratura, acciaio, alluminio ed elementi in legno (usando differenti norme come EC2 EC3 EC5 EC6 EC8).

Il programma usa il solutore LIFE, sviluppato nel 2003.

Di seguito è riportata un'immagine del modello dove è possibile individuare gli assi di riferimento della struttura (Asse X=lato lungo della fondazione; Asse Y=lato corto della fondazione; Asse Z=verticale).



Schematico della struttura

5.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Per l'analisi delle strutture sono state prese in considerazione sette principali combinazioni di carico e per la verifica degli elementi è stata presa in considerazione la condizione peggiore.

Le combinazioni di carico prendono in considerazione i carichi permanenti, eccezionali la forza sismica.

Le combinazioni considerate sono:

1. Dinamica: carichi permanenti + sisma
2. Statica: carichi permanenti + forza di cantilever lungo Y sul 1° terminale
3. Eccezionale: carichi permanenti + deflagrazione sul 1° terminale
4. Statica: carichi permanenti + forza di cantilever lungo Y sul 2° terminale
5. Eccezionale: carichi permanenti + deflagrazione sul 2° terminale
6. Statica: carichi permanenti + forza di cantilever lungo Y sul 2° terminale
7. Eccezionale: carichi permanenti + deflagrazione sul 2° terminale

Il calcolo è stato sviluppato considerando sia l'analisi statica che l'analisi dinamica.

5.4 CARICHI SISMICI

Nel nuovo D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" i parametri per il calcolo dell'azione sismica sulle strutture non vengono dati in base alla zona, ma in base alle coordinate geografiche del sito. In base alla posizione dell'area nel reticolo geografico di riferimento, le norme restituiscono i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T^*c (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Tali parametri dipendono anche dalla vita di riferimento VR della struttura e dalla probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati. Nel caso in esame, i valori dei parametri sono i seguenti:

Classe d'uso	IV
Vita nominale Vn	100 anni
Coefficiente d'uso Cu	2
Periodo di riferimento per l'azione sismica	200 anni

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere strutturali permanenti in progetto

	TR	a_g/g	F_0	T^*c	CC	Ss	$P_g(a_g \cdot S)$ (m/s ²)
SLO	120	0.0470	2.4960	0.31	1.55	1.50	0.692
SLD	201	0.0560	2.5730	0.33	1.51	1.50	0.824
SLV	1898	0.1211	2.6480	0.41	1.41	1.50	1.782
SLE	1898	0.1211	2.6480	0.41	1.41	1.50	1.782
SLC	2475	0.1323	2.6430	0.42	1.39	1.49	1.934

Parametri di pericolosità sismica delle opere strutturali permanenti in progetto

Il D.M. 17 gennaio 2018 prevede inoltre che, ai fini del calcolo dell'azione sismica di progetto, i terreni in corrispondenza del piano di imposta delle fondazioni vengano classificati in una delle 7 categorie - A, B, C, D, E, S1, S2 - di sottosuolo di riferimento definite nelle Tabelle 3.2.II e 3.2.III del Paragrafo 3.2.2.

L'indagine sismica ha consentito di determinare una velocità media delle onde di taglio "s" nei primi 30 m di sottosuolo di 284 m/s, cui corrisponde una categoria di suolo di tipo C:

"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

Per ciò che concerne le condizioni topografiche dei luoghi interessati dagli interventi, che presentano una configurazione superficiale semplice, è possibile adottare la suddivisione, riportata in Tabella 3.2.IV dello stesso decreto, che prevede 4 distinte categorie topografiche - T1, T2, T3, T4; nel caso in esame il terreno rientra nella classe T1: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

6 CARICHI

6.1 CARICHI PERMANENTI

I carichi permanenti dovuti al peso proprio delle strutture sono calcolati automaticamente dal programma.

I carichi considerati sono i seguenti:

- forza di 400 daN di cantilever applicata al codolo del terminale lungo la direzione Y (la più penalizzante per la struttura di fondazione)
- forza di deflagrazione di 480 kN (rivolta verso l'alto)

Le forze di cantilever sono state considerate come carichi variabili e sono state applicate a ciascuno dei tre terminali non contemporaneamente. È stata scelta la direzione di applicazione Y perché è la più penalizzante per la struttura di fondazione. Per la struttura del traliccio, uguale su tutte e 4 le facce, è indifferente applicarla in direzione X o Y.

Il terminale è stato modellato come un cilindro in porcellana di diametro 34 cm, e alto 258 cm per simularne il peso proprio.

6.2 SPINTA DEL TERRENO

La spinta del terreno S sulle pareti interrato della fondazione si ricava dalla seguente espressione:

$Sa=0,5 \cdot \gamma \cdot ka \cdot H^2$

- dove
- γ peso di volume del terreno
 - ka coefficiente di spinta attiva $ka = (1-\text{sen}\phi)/(1+\text{sen}\phi)$
 - H profondità della parete (si è assunta la profondità media pari 1,75m)
 - ϕ' angolo di attrito del terreno (si è assunto il valore di 20°)
 - $\sigma'x = \gamma \cdot H \cdot ka$ valore della tensione normale in direzione orizzontale

Nel caso in esame si ricava:

Spinta del terreno			
terreno	γ	18,0	kN/m³
	$\phi' (=20^\circ)$	0,349	rad
	H	1,75	m
	ka	0,49	
	σx	1099	daN/m²

La pressione del terreno sulle pareti interrato è stata considerata come carico permanente non strutturale G2.

7 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

7.1 METODO DI CALCOLO

Il calcolo statico e sismico delle strutture di supporto dei terminali è stato condotto usando il programma di calcolo MASTERSAP TOP, basato sul conosciuto programma Sap.

Si riporta di seguito il certificato di affidabilità del programma rilasciato da AMV software Company al momento dell'acquisto.

Nelle pagine seguenti sono riportati gli schemi di calcolo, e i dati di input e output.

L'intera struttura è rappresentata come una struttura costituita da elementi monodimensionali e bidimensionali ad elementi finiti con nodi creati dal programma di calcolo.

Le connessioni degli elementi sono determinate da sei parametri che rappresentano la possibilità di spostamento e rotazione: u_x , u_y , u_z , r_x , r_y , r_z . L'asse verticale è l'asse Z. Le forze verticali agiscono lungo l'asse Z mentre le forze orizzontali agiscono lungo gli assi X e Y.

I carichi permanenti della struttura sono calcolati automaticamente dal programma.

Le fasi del calcolo sono le seguenti:

- Creazione del modello: la realizzazione del modello ad elementi finiti e la definizione dei carichi sono state effettuate con il modulo "Modellazione e analisi" del programma Mastersap. La struttura di fondazione è stata modellata mediante l'impiego degli elementi strutturali "Gusci e piastre", avendo cura di selezionare l'opzione "Platea" per gli elementi costituenti la piastra, che consente di assegnare la costante di sottofondo al terreno, considerato come un letto di molle di rigidezza definita (costante di Winkler per terreni non coesivi). La costante di sottofondo assegnata è pari a 2 kg/cm³. Il programma di calcolo determina automaticamente il valore delle costanti elastiche di ogni molla, valutando l'area di influenza degli elementi guscio cui appartiene lo stesso nodo. La struttura in acciaio è stata realizzata con elementi monodimensionali "travi e pilastri". Ad ogni elemento sono stati assegnati i rispettivi materiali e sezioni di progetto. Il modello FEM ottenuto è costituito da n 466 nodi, n° 616 elementi "Piastra", n° 161 elementi "Vincolo" e 287 elementi "trave".
- Assegnazione dei carichi: i carichi sono stati applicati come carichi puntuali applicati ai nodi, e carichi di superficie dovuti alla pressione del terreno esercitata sulle pareti. I carichi ai nodi sono stati combinati secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. Si rimanda ai capitoli "Carichi applicati" e "Combinazione di carico" per approfondimenti.
- Analisi ad elementi finiti: l'analisi statica è eseguita dal modulo "Modellazione e analisi" del programma Mastersap. In tale fase, il programma genera automaticamente i file di input e output.
- Verifica: per gli elementi "Gusci e piastre", il programma effettua la verifica delle sezioni in c.a. tramite l'ausilio dell'applicativo MasterArm, dedicato alla verifica degli elementi in

c.a. gli elementi in carpenteria metallica sono stati verificati tramite l'applicativo Masterver.

Per il calcolo delle sollecitazioni della fondazione si sono adottate le ipotesi di materiali linearmente elastici.

Per le verifiche sono state assunte le sollecitazioni massime dell'intero modello e sono state eseguite le verifiche degli elementi maggiormente sollecitati.

Nelle pagine seguenti sono riportati gli schemi di calcolo, e alcuni dati di input e output.

AMV S.r.l.
Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.
Fax +39 0481.777.125
E-mail: info@amv.it
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.
P.Iva: IT00382470318
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV
In base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture. In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodia-gnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente. Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l.
Amministratore Unico
Ing. Luciano Migliorini

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luciano Migliorini', is placed below the typed name.

8 INPUT DATA PER LA STRUTTURA DI SUPPORTO

8.1 DATI GENERICI

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	Portaterminali
Intestazione del lavoro	Porta terminali - modello traliccio
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	daN
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	100 anni
Classe d'uso costruzione	IV
Vita di riferimento	200 anni
Localita'	Bertinoro – SP 61
Longitudine (WGS84)	12°10'12.06"E
Latitudine (WGS84)	44°11'16.20"N
Categoria del suolo	C
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricita' accidentale	0%
Numero di frequenze	20
Comportamento strutturale	NON Dissipativo

PARAMETRI SISMICI

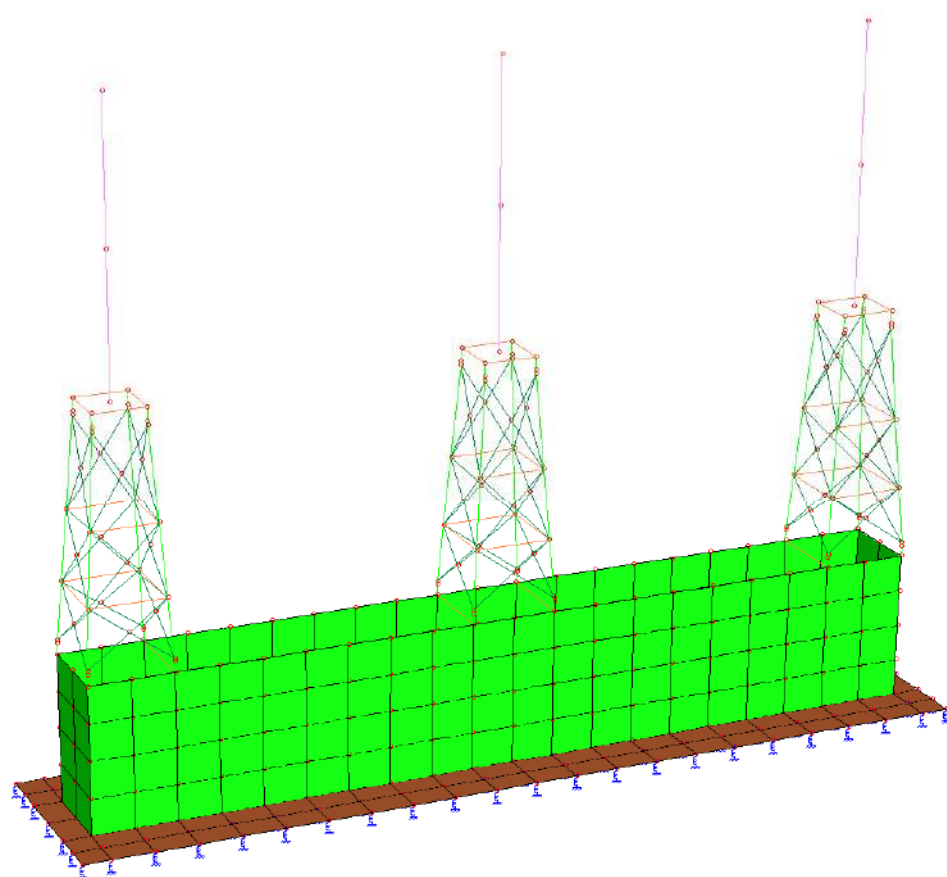
	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s^2)
SLO	120	0.0470	2.4960	0.31	1.55	1.50	0.692
SLD	201	0.0560	2.5730	0.33	1.51	1.50	0.824
SLV	1898	0.1211	2.6480	0.41	1.41	1.50	1.782
SLE	1898	0.1211	2.6480	0.41	1.41	1.50	1.782
SLC	2475	0.1323	2.6430	0.42	1.39	1.49	1.934

STATO LIMITE ULTIMO

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale	qor=1
--	-------

PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Presente
Fattore di comportamento qv per sisma verticale per SLV	1.5
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8
λ	0.3
μ	0.3



Modello della struttura

8.2 FORZE E CONDIZIONI DICARICO

CARICHI PER ELEMENTI BIDIMENSIONALI

Carico di superficie nella direzione locale z, agente sulla superficie reale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Pressione terreno	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	0.119000	1.0000	0.3300

Carico di superficie nella direzione globale Z, agente sulla superficie reale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Terreno	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.200000	1.0000	1.0000

CONDIZIONI DI CARICO AI NODI

Num.cond.carico	Descrizione							
1	Cantilever Term1	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		510		+4.00e+02				
2	Deflagrazione term 1	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		510			+4.80e+04			
3	Cantilever Term2	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		549		+4.00e+02				
4	Deflagrazione Term 2	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		549			+4.80e+04			
5	Cantilever Term3	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		462		+4.00e+02				
6	Deflagrazione Term 3	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		462			+4.80e+04			

COMBINAZIONI DI CARICO

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
2	Cantilever Term1	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
7	Deflagrazione Term 1	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
8	Cantilever Term 2	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
9	Deflagrazione Term 2	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
10	Cantilever Term 3	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
11	Deflagrazione Term 3	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

9 VERIFICA DELLA STRUTTURA

La verifica della vasca di fondazione è stata fatta con l'applicativa MasterArm. Per la procedura di verifica, è stata assegnata la relativa tabella di verifica “gusci”, per la platea, e “muri” per le pareti.

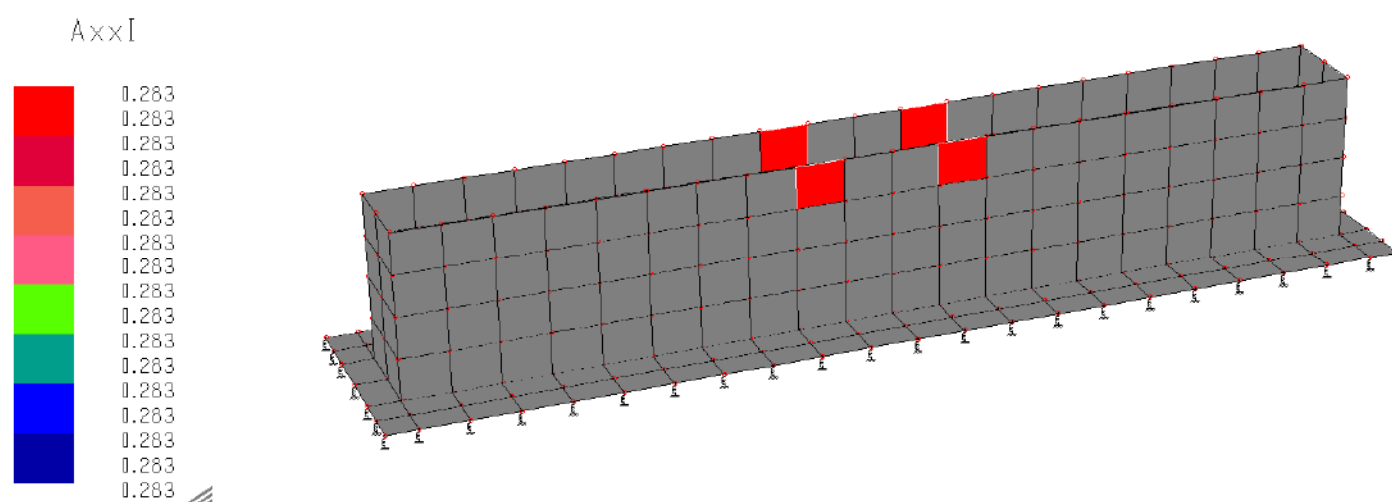
La fondazione ha dimensioni massime in pianta 6,15 x 2,25 m, spessore della soletta di base pari a 40 cm e pareti aventi spessore 25 cm alte 1,35m.

9.1 VERIFICHE STRUTTURALI

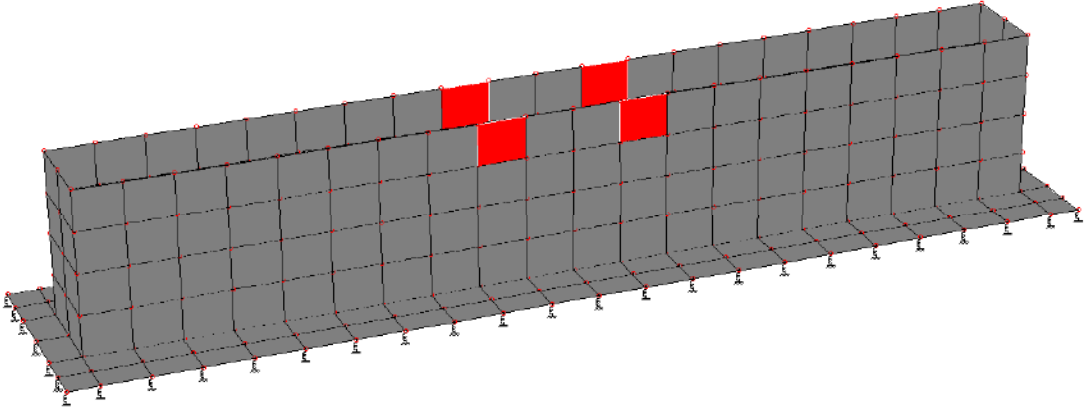
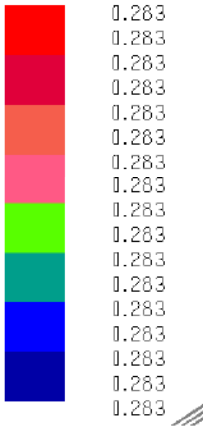
La platea di fondazione è armata con barre $\varnothing 14/20$ inferiormente e superiormente in entrambe le direzioni. Le pareti della fondazione sono armate con barre verticali $\varnothing 14/20$ e orizzontali $\varnothing 10$ con passo 20 cm.

Verifiche SLU

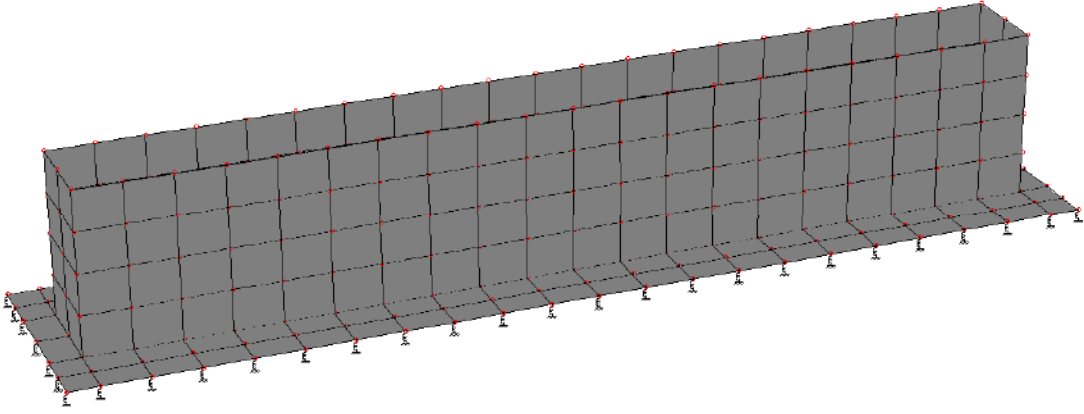
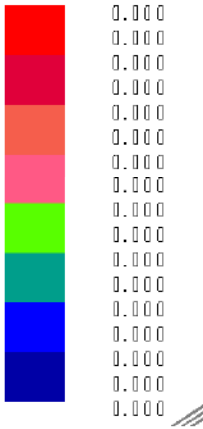
Di seguito si riportano le mappe di colore che descrivono la verifica dell'armatura della platea e delle pareti della fondazione dove viene evidenziata la necessita di integrare l'armatura di base delle pareti mediante armatura aggiuntiva. La platea di base non necessita di armatura aggiuntiva.

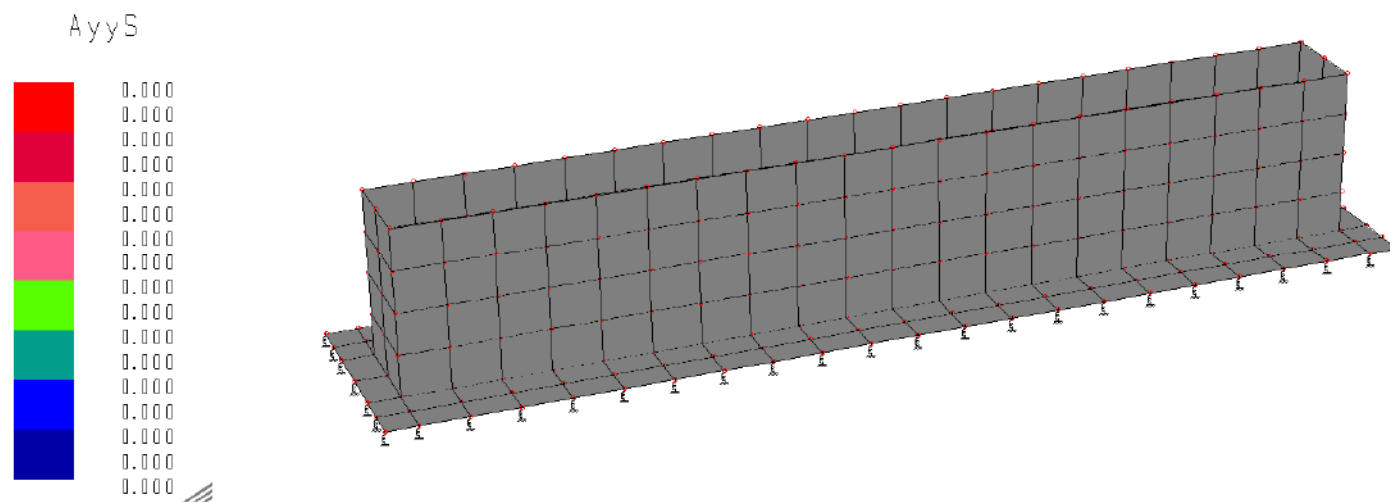


AxxS



AyyI





Mapa di colore, verifica armatura di fondazione

9.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche alle quali è stata sottoposta la platea di fondazione sono:

- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno

Le verifiche previste dalla normativa riguardanti il “Collasso per scorrimento sul piano di posa” e la “Stabilità globale” sono state omesse in quanto ritenute insignificanti.

La verifica a scorrimento non viene fatta in quanto l'opera non è soggetta ad azioni orizzontali che possano dar luogo a scorrimenti.

La verifica di stabilità globale, può anch'essa essere omessa in quanto l'opera non è posizionata in prossimità di pendii e non è sollecitata da azioni orizzontali che possano dar luogo a ribaltamenti.

Le norme tecniche per le costruzioni, al punto 6.4.2.1 prevedono, per la verifica del carico limite, di effettuarla secondo uno dei due approcci proposti. In questo caso è stato adottato il seguente approccio:

- Approccio 2: (A1+M1+R3)

dove A1 sono i coefficienti da assegnare alle azioni, M1 i coefficienti da assegnare ai parametri geotecnici e R3 i coefficienti da assegnare alle resistenze. Nelle tabelle seguenti sono riportati i coefficienti utilizzati:

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale	A1
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	1,0
	Sfavorevole		1,3
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

Tabella 1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	Coefficiente Parziale	M1
Tangente all'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0
Coesione efficace	$C'k$	$\gamma_{c'}$	1,0
Resistenza non drenata	γ_{cu}	γ_{cu}	1,0
Peso dell'unità di volume	γ	$\gamma\gamma$	1,0

Tabella 2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 3 - Coefficienti parziali per la verifica allo stato limite ultimo di fondazioni superficiali

9.3 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-TERRENO

Si deve verificare che il valore della pressione limite resistente (RD) sia maggiore pressione massima massima agente (ED).

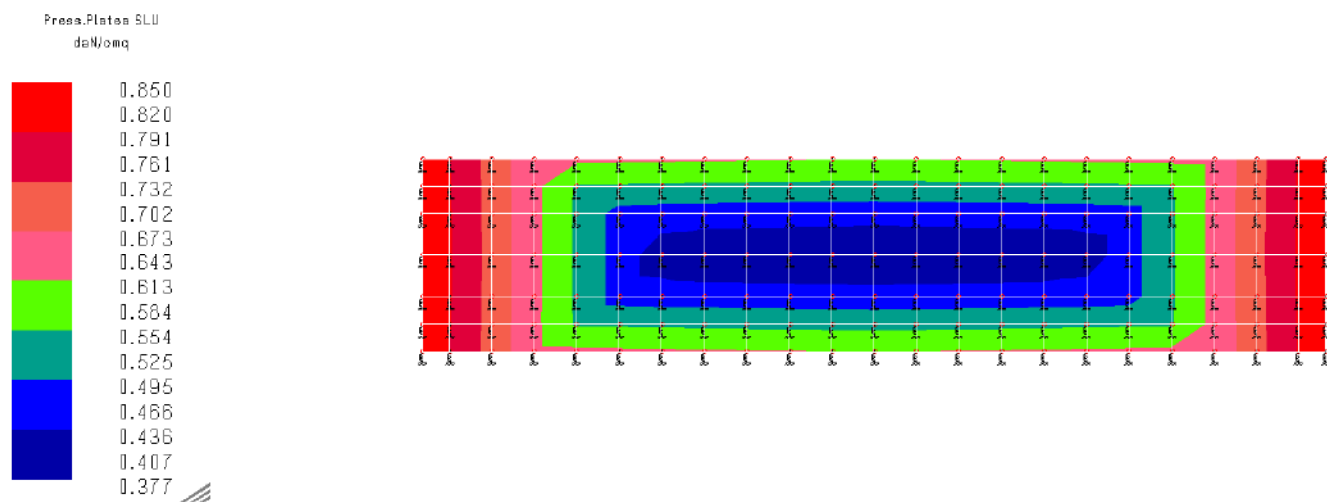
Il carico limite è dato da:

$$Q_{lim,amm} = (N_q \gamma_1 D \zeta_q \xi_q + N_{cc} \zeta_c \xi_c + N_{\gamma \gamma} \zeta_{\gamma} \xi_{\gamma} B/2) \cdot B \cdot L / \gamma_R$$

PORTATERMINALE			tipo di fondazione
c	0	kg/m ²	
φ	20	°	
N _q	6,4		
N _c	14,83		
N _γ	5,39		peso di volume immerso in acqua sotto il piano di posa
γ' ₂	1800	kg/m ³	
B	2,25	m	
L	8,75	m	
ζ _γ	0,90		
ζ _q	1,09		larghezza della fondazione
ζ _c	1,11		
γ ₁	1800	kg/m ³	
γ' ₁	1800	kg/m ³	
D	1,85	m	
a	1,85	m	profondità del piano di posa
q _H	400	daN	
q _V	50000	daN	
ξ _γ	0,98		
ξ _q	0,99		
ξ _c	0,00		altezza della falda dal piano di posa della fondazione
γ _w	1000	kg/m ³	
Q _{lim}	34474,952	kg/m ²	
	3,45	kg/cm ²	
γ _r	2,30		
Q _{Rd}	1,50	kg/cm ²	

Il valore della pressione massima resistente è stato confrontato con la pressione massima agente sulla fondazione.

Nella seguente immagine si riporta l'andamento della pressione esercitata sul terreno dalla platea di fondazione.



Massima pressione sul terreno 0,85 daN/cm²

Come si può vedere le pressioni sul terreno, calcolate dal programma per le diverse combinazioni di carico agenti, raggiungono un valore massimo pari a $E_dSLU=0,85 \text{ daN/cm}^2$, che risulta inferiore al valore massimo resistente. Si sottolinea inoltre che le pressioni massime si verificano nel caso di deflagrazione, in una condizione estrema ed eccezionale.

10 VALUTAZIONE SUI CEDIMENTI FONDALI

Nella successiva immagine sono riportate le deformazioni assolute calcolate dal programma.

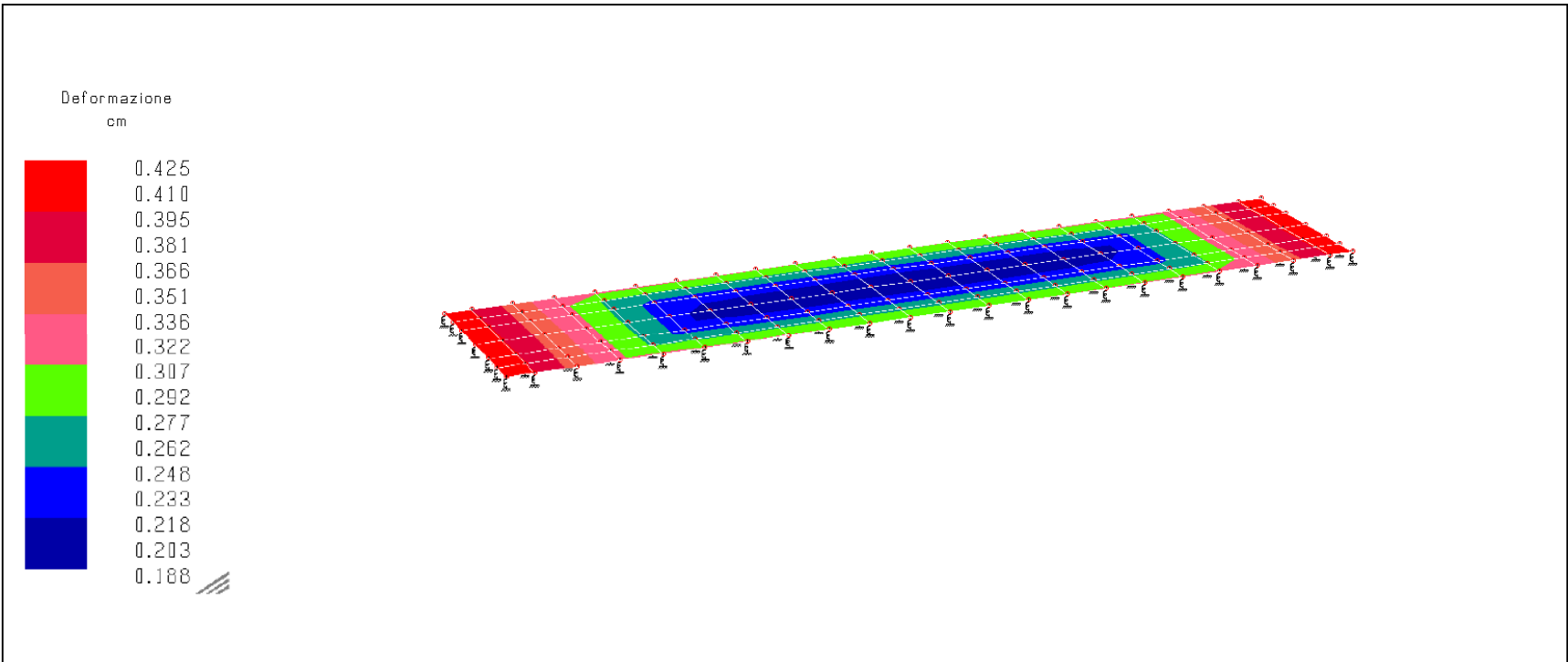


Figura 1 - Deformazioni della platea

Si registra una deformazione massima della platea di fondazione pari a 0,425 cm, compatibile con la tipologia di opera da installare e con la sua condizione di esercizio.

11 CONCLUSIONI

È stata condotta la verifica strutturale della fondazione del sostegno portaterminale oggetto di installazione nella CP Capocolle in comune di Bertinoro (FC).

L'analisi si concentra sui principali elementi strutturali che compongono le strutture.

Dalle verifiche condotte, emerge che la fondazione è verificata per i carichi permanenti, le forze del vento e l'azione sismica, in accordo con le norme NTC2018.