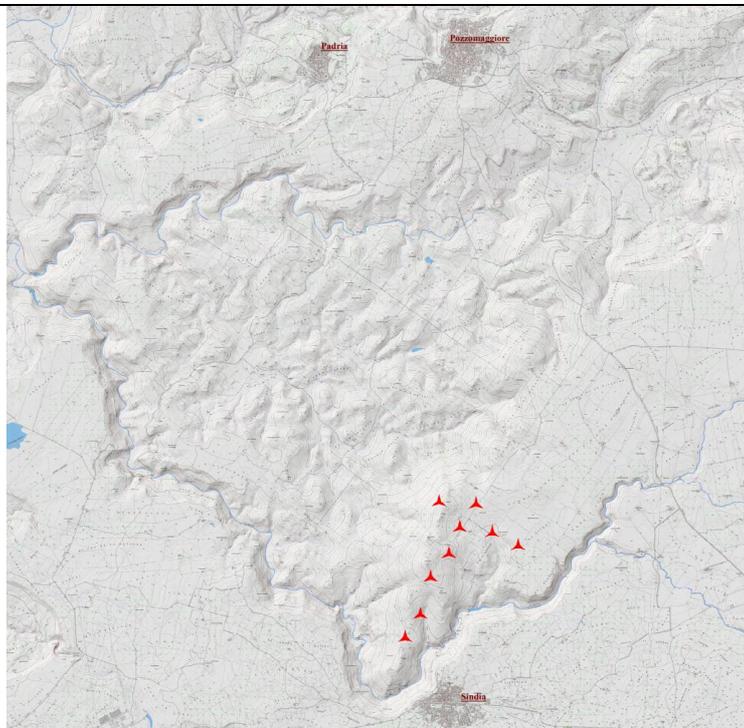




PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA IN LOCALITA' MONTE RUGHE POTENZA DI PICCO 64,8 MWp



VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Committente:

EOS MONTE RUGHE s.r.l.

Ing. Enrico De Girolamo

Coordinamento

SO.GE.S s.r.l.

Ing. Piero Del Rio

Prog. strutturali:

Ing. Andrea Massa

Studio Anemologico:

Demoenergia 2050 Srls

Studio Acustico

Ing. Federico Miscali

Prog. opere civili - elettriche:

Studio Ing. Nicola Curreli

Ing. Nicola Curreli
Arch. Deidda Carla
Dott. Arch. Pala Nicola
Dott. Arch. Ginevra Fois
SEI Impianti s.r.l.

Studio V.I.A.:

SIGEA s.r.l.

Dott. Geol. Luigi Maccioni: Coordinamento
Ing. Manuela Maccioni - Paesaggistico
Dott. Agr. Vincenzo Satta - Agron. flora, fauna
Dott. Salvatore Ladinetti - Archeologia
Dott. Geol. Valentino Demurtas Georisorse
Dott. Geol. Stefano Demontis - Geotecnica
Dott. Michele Orrù - GIS

Tavola:

R.G._09

Data:

DICEMBRE 2023

Rev:

Scala

INDICE

1.0 PREMESSE	3
1.1 Legislazione di carattere generale	6
1.2 Norme UNI	7
1.3 Norme emanate dal C.N.R.....	7
2.0 BIBLIOGRAFIA	8
3.0 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA	9
3.1 Richiami teorici – Metodi di analisi	9
4.0 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	12
4.1 Calcestruzzo per strutture di fondazione	12
4.2 Calcestruzzo per il colpetto.....	12
4.3 Calcestruzzo magro per sottofondazioni	12
4.4 Acciaio per barre filettate cl. 8.8.....	12
4.5 Acciaio per armature metalliche	12
5.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	13
6.0 AZIONI DI PROGETTO	14
7.0 RIPARTIZIONE DEI CARICHI	19
8.0 RISULTATI FONDAZIONE DI TIPO 1	20
9.0 RISULTATI FONDAZIONE DI TIPO 2	34
10.0 RISULTATI FONDAZIONE DI TIPO 3	46

1.0 Premesse

La presente relazione di calcolo riporta e commenta i dati ed i risultati relativi alle analisi strutturali delle strutture di fondazione da realizzarsi nel in localita' monte rughe presso Pozzomaggiore (SS)

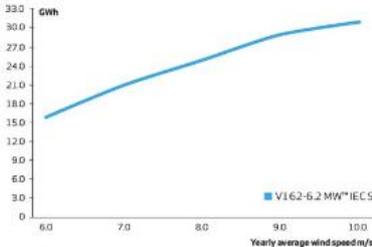
L'intervento in oggetto consiste nell'installazione delle pale eoliche del tipo "EV162 6.2MW".

La potenza per ciascuna pala è di 6200 kW, con velocità di operatività comprese tra i 3 m/s ed i 26 m/s, con la capacità di agire tra le temperature di -20°C e +45°C.

L'altezza al rotore per ciascuna pala, rispetto al piano del colletto su cui viene installata la pala, è pari a 125 metri, con un rotore tripala avente diametro 169 metri. Si riporta qui di seguito la scheda tecnica del produttore relativa alla pala in oggetto

V162-6.2 MW™ IEC S

Facts & figures

POWER REGULATION	Pitch regulated with variable speed
OPERATING DATA	
Rated power	6,200kW
Cut-in wind speed	3m/s
Cut-out wind speed*	25m/s
Wind class	IEC S
Standard operating temperature range from -20°C to +45°C	
<small>*High Wind Operation available as standard</small>	
SOUND POWER	
Maximum	104.8dB(A)*
<small>*Sound Optimised Modes available dependent on site and country</small>	
ROTOR	
Rotor diameter	162m
Swept area	20,612m ²
Aerodynamic brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders
ELECTRICAL	
Frequency	50/60Hz
Converter	full scale
GEARBOX	
Type	two planetary stages
TOWER	
Hub height	119m (IEC S/DiBt S) 125m (IEC S) 166m (IEC S/DiBt S) 169m (DiBt S)
TURBINE OPTIONS	
• Condition Monitoring System	
• Oil Debris Monitoring System	
• Service Personnel Lift	
• Low Temperature Operation to -30°C	
• Vestas Ice Detection™	
• Vestas Anti-Icing System™	
• Vestas Shadow Flicker Control System	
• Aviation Lights	
• Aviation Markings	
• Fire Suppression System	
• Vestas Bat Protection System	
• Lightning Detection System	
• Power Optimised Modes	
SUSTAINABILITY	
Carbon Footprint	6.1g CO ₂ e/kWh
Return on energy break-even	6 months
Lifetime return on energy	39 times
Recyclability rate	88%
<small>Configurations: HH=166m, Vavg=8.5m/s, k=2.48. Depending on site-specific conditions. Metrics are based on a preliminary stream-lined analysis. An externally-verified Life Cycle Assessment will be made publicly available on vestas.com once finalised.</small>	
ANNUAL ENERGY PRODUCTION	
	
<small>Assumptions: Onshore location, 100% availability (9% losses), A factor=2, Standard air density=1.225, wind speed at hub height</small>	

Le condizioni stratigrafiche e geotecniche, vista l'estensione dell'area di progetto, sono ovviamente non uniformi.

Da un punto di vista geologico, si individuano 3 tipologie di terreno, sulla base delle quali andranno effettuate le relative verifiche strutturali e geotecniche di questo progetto definitivo, rimandando ad indagini geognostiche di dettaglio per una definizione compiuta della situazione stratigrafica e dei parametri meccanici dei punti specifici nei quali verranno realizzate le fondazioni degli aerogeneratori.

Le tipologie di terreno considerate in questa relazione sono le seguenti:

- ANDESITI BASALTICHE
- PIROCLASTITI DEBOLMENTE SALDATE
- PIROCLASTITI SALDATE

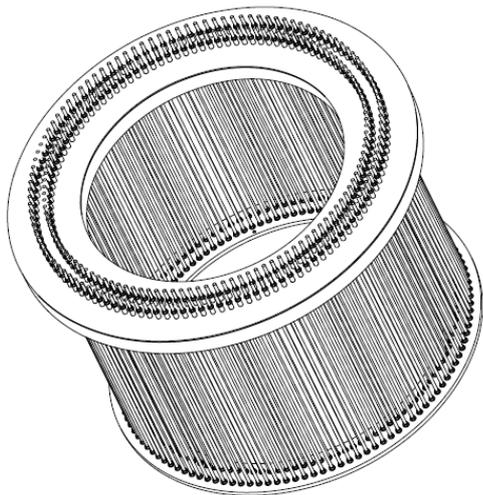
Sono previste delle fondazioni superficiali nei terreni caratterizzati dalla presenza di andesiti basaltiche e piroclastiti saldate, aventi ciascuna un volume di circa 1050 m³ mentre sono previste in questa fase delle fondazioni profonde nei terreni caratterizzati da piroclastiti debolmente saldate. Resta inteso che la definizione compiuta dei parametri stratigrafici e meccanici del terreno consentiranno di affinare, in fase esecutiva, il dimensionamento qui effettuato.

Infine, si segnala che in relazione alla geologia del terreno, gli aerogeneratori sono così suddivisi:

- Piroclastiti saldate: 6 aerogeneratori: WTG1, 2, 4, 5, 6, 7
- Piroclastiti debolmente saldate: 10 aerogeneratori: WTG3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
- Andesiti basaltiche: 4 aerogeneratori: WTG 17, 18, 19, 20

Le fondazioni previste hanno tutte diametro pari a 25 metri, un'altezza minima di 50 cm ed un'altezza massima di 425 cm. Come da indicazioni del fornitore degli aerogeneratori (cfr. doc. a007-0592_R1.pdf), le fondazioni dovranno avere una classe di resistenza C50/60 e nella connessione dell'anchor cage si dovrà utilizzare una malta C90/105.

La connessione tra l'aerogeneratore e la fondazione è realizzata a mezzo di 120+120 barre M36 post-tese, fornite dalla casa di produzione dell'aerogeneratore ed annegate nel getto di fondazione, e delle quali si riporta la vista isometrica



Isometric view

La fila interna ha diametro $D=4.45$ m, mentre la fila esterna ha diametro $D=4.85$ m. Le azioni al piede dell'aerogeneratore sono fornite dal produttore stesso.

Documenti di riferimento

Costituiscono documenti di riferimento i seguenti documenti:

TEERI DATI.pdf – parametri geotecnici indicativi dei terreni, forniti da SIGEA s.r.l.

a007-0592_R1.pdf – Dati riguardanti le barre di collegamento tra aerogenerazione e fondazione, fornita da Vestas Wind Systems A/S

0096-8470_V04 - Foundation Loads EV150-EV162 5.4-5.6-6.0-6.2 MW HH125 IECS TA27D00 – Carichi in fondazione, in accordo con la IEC61400-1 Edizione 4, e fornito da Vestas Wind Systems A/S

1.1 Legislazione di carattere generale

Legge nr. 1086 del 05/11/1971, Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

Legge nr. 64 del 02/02/1974, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

D.M. LL.PP. del 11/03/1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. LL.PP. del 14/02/1992, Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 9 Gennaio 1996, Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

D.M. 16 Gennaio 1996, Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

D.M. 16 Gennaio 1996, Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C., Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP., Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

1.2 Norme UNI

Tutte le Norme UNI richiamate nei D.M. , Istruzioni, Circolari di cui si fa menzione e in particolare:

UNI EN 197-1: “Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.

UNI EN 206-1: “Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità”.

UNI 11104-2004: “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”.

UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

1.3 Norme emanate dal C.N.R.

CNR 10012: “Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni”.

CNR 10024: “Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo”.

2.0 Bibliografia

Migliacci – F. Mola: **Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.** -
Masson Italia Editori

C. Cestelli Guidi: **Geotecnica e tecnica delle fondazioni** -
Ulrico Hoepli Editore

Bowles J.E. - **Foundations Analysis and Design 4th edition** -
McGraw-Hill

Toniolo – **Tecnica delle costruzioni Vol. 2B**
Zanichelli

Lancellotta – **Geotecnica**
Zanichelli

Gherzi – **Il cemento armato**
Dario Flaccovio editore

Gherzi – **Edifici antisismici in cemento armato**
Dario Flaccovio editore

Belluzzi – **Scienza delle costruzioni vol. 3**
Zanichelli

Giuliani – **Costruzioni in calcestruzzo armato**
Ulrico Hoepli Editore

3.0 Programmi per l'analisi automatica

Titolo Mastersap
Produttore AMV
Licenza 36767 intestata a Ing. Andrea Massa

Titolo Api++
Produttore Aztec informatica
Licenza U6423TQ intestata a Ing. Andrea Massa

3.1 Richiami teorici – Metodi di analisi

Calcolo - Analisi ad elementi finiti

Per l'analisi platea si utilizza il metodo degli elementi finiti (FEM). La struttura viene suddivisa in elementi connessi fra di loro in corrispondenza dei nodi. Il campo di spostamenti interno all'elemento viene approssimato in funzione degli spostamenti nodali mediante le funzioni di forma. Il programma utilizza, per l'analisi tipo piastra, elementi quadrangolari e triangolari. Nel problema di tipo piastra gli spostamenti nodali sono lo spostamento verticale w e le rotazioni intorno agli assi x e y , f_x e f_y , legati allo spostamento w tramite relazioni

$$\begin{aligned}f_x &= -dw/dy \\f_y &= dw/dx\end{aligned}$$

Note le funzioni di forma che legano gli spostamenti nodali al campo di spostamenti sul singolo elemento è possibile costruire la matrice di rigidezza dell'elemento \mathbf{k}_e ed il vettore dei carichi nodali dell'elemento \mathbf{p}_e .

La fase di assemblaggio consente di ottenere la matrice di rigidezza globale della struttura \mathbf{K} ed il vettore dei carichi nodali \mathbf{p} . La soluzione del sistema

$$\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{p}$$

consente di ricavare il vettore degli spostamenti nodali \mathbf{u} .

Dagli spostamenti nodali è possibile risalire per ogni elemento al campo di spostamenti ed alle sollecitazioni M_x , M_y ed M_{xy} . Il terreno di fondazione se presente viene modellato con delle molle disposte in corrispondenza dei nodi. La rigidezza delle molle è proporzionale alla costante di sottofondo k ed all'area dell'elemento.

I pali di fondazione sono modellati con molle verticali aventi rigidezza pari alla rigidezza verticale del palo.

Per l'analisi tipo lastra (analisi della piastra soggetta a carichi nel piano) vengono utilizzati elementi triangolari a 6 nodi a deformazione quadratica. Gli spostamenti nodali sono gli spostamenti u e v nel piano XY . L'analisi fornisce in tal caso il campo di spostamenti orizzontali e le tensioni nel piano della lastra s_x , s_y e t_{xy} . Dalle tensioni è possibile ricavare, noto lo spessore, gli sforzi normali N_x , N_y e N_{xy} .

Nell'analisi tipo lastra i pali di fondazione sono modellati con molle orizzontali in direzione X e Y aventi rigidezza pari alla rigidezza orizzontale del palo.

Nel caso di platea nervata le nervature sono modellate con elementi tipo trave (con eventuale rigidezza torsionale) connesse alla piastra in corrispondenza dei nodi degli elementi.

Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito f e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

Q_T	portanza totale del palo
Q_P	portanza di base del palo
Q_L	portanza per attrito laterale del palo
W_P	peso proprio del palo

e le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta h_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale h_l .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / h_p + Q_L / h_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / h_l + W_P$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_P(cN'_c + qN'_q)$$

dove A_P è l'area portante efficace della punta del palo, c è la coesione, q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo, g è il peso di volume del terreno, D è il diametro del palo ed i coefficienti N'_c N'_q sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

Il parametro h che compare nell'espressione assume il valore:

$$h = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

K_0 rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come: $K_0 = 1 - \sin\phi$.

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int s_{ta} dS$$

dove t_a è dato dalla relazione di Coulomb

$$t_a = c_a + s_h tgd$$

dove c_a è l'adesione palo-terreno, d è l'angolo di attrito palo-terreno, g è il peso di volume del terreno, z è la generica quota a partire dalla testa del palo, L e P sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo, K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica K espressa in $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$ che rappresenta la pressione (in Kg/cm^2) che bisogna applicare per ottenere lo spostamento di 1 cm.

Il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione

avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidezza assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite, X_{max} oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che viene risolto mediante una analisi al passo.

Disposizione delle armature

Le armature vengono disposte secondo due direzioni, una principale ed una secondaria. Per il calcolo delle stesse si fa riferimento ai valori nodali delle sollecitazioni ottenute dall'analisi ad elementi finiti. Per la disposizione delle stesse occorre suddividere la piastra in un numero di strisce opportuno nelle due direzioni.

Vengono calcolate strisce della larghezza di un metro

4.0 Caratteristiche dei materiali

4.1 Calcestruzzo per strutture di fondazione

Classe di esposizione	XC1
Classe di resistenza	C50/60
Tipo di cemento	CEM I÷II
Slump	S4
Diametro massimo inerte	32 mm

4.2 Calcestruzzo per il colletto

Classe di esposizione	XC1
Classe di resistenza	C50/60
Tipo di cemento	CEM I÷II
Slump	S4
Diametro massimo inerte	20 mm

4.3 Calcestruzzo magro per sottofondazioni

Classe di esposizione	X0
Rapporto massimo acqua/cemento	-
Classe di resistenza	C12/15
Contenuto minimo di cemento	-
Tipo di cemento	CEM I÷V
Slump	-
Diametro massimo inerte	32 m

4.4 Acciaio per barre filettate cl. 8.8

Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	800.00 N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	640.00 N/mm ²
Stato Limite Ultimo		
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.25 -
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	512.00 N/mm ²

4.5 Acciaio per armature metalliche

Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	- N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	450.00 N/mm ²
Stato Limite Ultimo		
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15 -
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391.30 N/mm ²

5.0 Caratterizzazione geotecnica

Le caratteristiche dei terreni che interessano l'opera in esame sono stati desunti dai documenti sopra citati. Si riportano i dati del documento in oggetto.

	Angolo di attrito ϕ (°)	Peso di volume γ (g/cm ³)	Coesione c (kg/cm ²)	Costante di Winkler k (kg/cm ³)		Resistenza alla compressione σ_r (Mpa)	Modulo elastico E (kg/cm ²)
ANDESITI BASALTICHE CGU	35 - 45	2,15 - 2,4	200	8,44	46,22	2,76 - 57,65	3,2/10
PIROCLASTITI debolmente Saldate HVN	36 - 37	2,01 - 2,10	3,26	4,77	26,34	45 Mpa	03/7,6
PIROCLASTITI saldate OER	36- 37	2,3	3,26	5,03	28,44	45	03/7,6

Nell'input dei dati geotecnici, avendo un range di valori tra cui scegliere, si procederà nel modo seguente:

Angolo di attrito: si sceglie il valore minimo del range

Peso di volume: si sceglie il valore minimo del range

Coesione: si utilizzano 5 MPa per le Andesiti Basaltiche, e 0 MPa per le Piroclastiti

Costante di Winkler: si sceglie il valore minimo del range, che massimizza la sollecitazione in fondazione

Resistenza alla compressione: si verifica che le compressioni siano ovunque inferiori ai 2 MPa

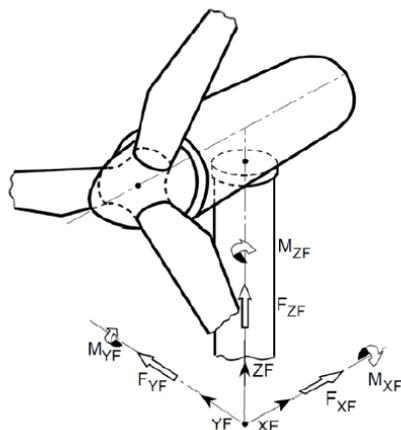
Modulo elastico: Si utilizza il valore medio del range

Per la pianificazione delle indagini geotecniche previste per lo sviluppo della progettazione esecutiva, si faccia riferimento a quanto riportato nei documenti R.S.02

6.0 Azioni di progetto

Le azioni di progetto sono desunte dal documento **0096-8470_V04 - Foundation Loads EV150-EV162 5.4-5.6-6.0-6.2 MW HH125 IECS TA27D00.pdf** sopra richiamato.

La convenzione dei segni adottati segue lo schema qui appresso:



Si riportano ora i carichi di progetto, valevoli per le 3 tipologie di fondazione.

a. Carichi caratteristici estremi

Sono i carichi, calcolati in accordo con la IEC61400-1 Edizione 4.

Ognuna delle 4 combinazioni estreme massimizza una reazione in fondazione: Momento ribaltante, Momento torcente, Taglio, Azione verticale.

Questi carichi non vanno combinati con altri carichi, in quanto sono essi stessi una combinazione.

Tale combinazione non è comunque fattorizzata, per cui per ottenere il carico di progetto è necessario moltiplicare il rispettivo carico caratteristico estremo per il relativo PLF, pari a 1.35.

Essendo inoltre la IEC61400-1 non recepita dal genio civile italiano, si è provveduto ad inserire l'azione caratteristica al piede calcolata ai sensi delle NTC18 e relativa all'azione del vento, essendo di fatto l'azione che maggiormente incide nel dimensionamento della fondazione. L'azione sismica, a causa della tipologia di sovrastruttura, non è particolarmente rilevante nel dimensionamento delle strutture di fondazione: essendo il periodo della struttura sicuramente molto elevato e dell'ordine dei 5 secondi, la corrispondente ordinata spettrale è estremamente bassa.

Mbt1: Resulting bending moment. $\text{SQRT}(M_{xt1}^2 + M_{yt1}^2)$ (also M_{res})
Lead LC/Family

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam89)	1.35	Abs	147900	3222	1142	-6853	[6]
Mzt	23NTMSCHWO100(fam216)	1.35	Abs	43278	-16546	475	-6595	[4]
FndFr	23NTMHCvra00(fam219)	1.35	Abs	112800	3548	1317	-6850	[7]
Fzt	12lceUHWO100(fam70)	1.35	Abs	69281	-1636	509	-7079	[7]

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

Si riporta di seguito la tabella che riassume, per ciascuna combinazione di carico, le sollecitazioni al piede non fattorizzate (a sinistra) e fattorizzate (evidenziate a destra)

	PFL	Mbt kNm	Mzt kNm	FndFr kN	Fzt kN	Fatt.	Mbt kNm	Mzt kNm	FndFr kN	Fzt kN
Mbt	1.35	147900	-3222	1142	6853		199665	-4349.7	1541.7	9251.55
Mzt	1.35	43278	16546	475	6595		58425.3	22337.1	641.25	8903.25
FndFr	1.35	112800	-3548	1317	6850		152280	-4789.8	1777.95	9247.5

Fzt	1.35	69281	1636	509	7079		93529.35	2208.6	687.15	9556.65
Mbt NTC18	1.5	155045	-3624	1594	6725		232567.5	-5436	2391	10087.5

b. Carichi caratteristici di produzione

Sono quei carichi caratteristici associati al normale funzionamento dell'opera.

Nello specifico, il carico con una probabilita di superamento pari a 10^{-2} viene utilizzato per determinare le combinazioni di carico quasi permanente sulla fondazione.

Questi carichi, costituendo già delle combinazioni, non vanno combinati con altri carichi.

3. Production loads

The production loads are calculated for the main sensors of the foundation. The following loads are calculated.

Char. load Characteristic Extreme (excl. PLF, Load cases sorted without PLF). Only load cases with PLF = 1.35 and 1.50 are included in the evaluation.

Prob.: 1e-2 Load level with an exceedance probability of 1e-2

Prob.: 1e-4 Load level with an exceedance probability of 1e-4

Production loads							
		Char. load	Prob.:1e-2	Prob.:1e-4	Ref		
M _{res}	[kNm]	147900.00	117975.46	126328.76	[6]	[7]	[7]
M _z	[kNm]	-16545.64	-4061.66	-6496.79	[4]	[7]	[7]
F _{res}	[kN]	1317.34	906.54	1029.89	[7]	[7]	[7]
F _z	[kN]	-7079.00	-6914.44	-6951.40	[7]	[7]	[7]

Table 3-1 Production loads.

c. Carichi di fatica

A causa della rotazione della pala eolica attorno al proprio asse, si rendono necessarie le verifiche a fatica, in quanto un generico punto della fondazione può passare da condizione di compressione a condizione di trazione.

Equivalent and Mean Fatigue Foundation Loads							
		Mean load	Range m = 4	Range m = 7	Ref.		
Fy	[kN]	508.42	639.56	564.22	[7]	[7]	[7]
Mx	[kNm]	-68454.21	38711.82	47674.08	[7]	[6]	[7]
Mz	[kNm]	-228.80	9221.63	8732.03	[7]	[4]	[7]

Table 4-1 Fatigue loads for N=1E7 cycles.

Nella tabella sopra riportata, i valori di "m" corrispondono al gradiente di Wöhler.

La variazione di tensioni ricostruite tra carico medio e carico coi diversi gradienti di Wöhler, fornisce il ciclo equivalente costante dal quale desumere i $\Delta\sigma$ per le verifiche a fatica, da valutarsi per $N=10^7$ cicli.

Nel proseguo, si utilizzeranno le curve S-N fornite dall'EC2, delle quali si riportano i parametri necessari alla costruzione dsunti dal prospetto 6.3N della citata norma

prospetto 6.3N Parametri per le curve S-N relative agli acciai ordinari				
Tipo di armatura	N^*	esponente delle tensioni		$\Delta\sigma_{Rsk}$ (MPa) a N^* cicli
		k_1	k_2	
Barre diritte o piegate ¹⁾	10^6	5	9	162,5
Barre saldate e reti	10^7	3	5	58,5
Dispositivi di giunzione	10^7	3	5	35

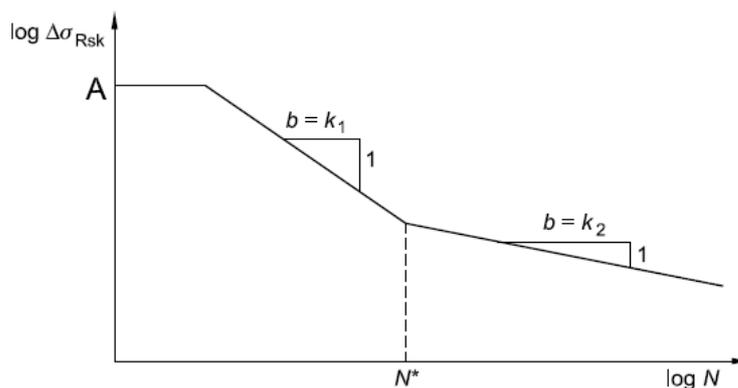
Nota 1 I valori per $\Delta\sigma_{Rsk}$ sono quelli relativi alle barre diritte. Per barre piegate si raccomanda che i valori siano ottenuti adottando un fattore di riduzione $\zeta = 0,35 + 0,026 D / \phi$.
dove:
D è il diametro del mandrino;
 ϕ è il diametro della barra.

Si riporta di seguito la forma della curva caratteristica della resistenza a fatica che verrà utilizzata nel calcolo

figura 6.30 Forma della curva caratteristica della resistenza a fatica (curve S-N per acciaio ordinario e da precompressione)

Legenda

A Armatura alla tensione di snervamento



Il coefficiente di sicurezza per il parametro γ_{Mf} è dedotto dalla tabella 3.1 della UNI EN 1993-1-9:2005 (EC3)

Table 3.1: Recommended values for partial factors for fatigue strength

Assessment method	Consequence of failure	
	Low consequence	High consequence
Damage tolerant	1,00	1,15
Safe life	1,15	1,35

Si utilizza pertanto il valore $\gamma_{Mf} = 1.15$, avente elevate conseguenze per il danneggiamento ma basse conseguenze per la salvaguardia della vita.

L'espressione della curva di resistenza a fatica è data dalla relazione

$$\log(N) = \log(a) - m \cdot \log(\Delta\sigma)$$

Dove

$\Delta\sigma_r$ è la resistenza a fatica

N è il numero di cicli di tensione

$m = k_f$ è il coefficiente di Wohler

$\log(a)$ è una costante che dipende dalla curva a cui ci si riferisce

Dal prospetto 6.3N, si ottiene che

$$\log(a) = \log [N \cdot (\Delta\sigma)^m]$$

Da cui $a = N \cdot (\Delta\sigma_r)^m = 10^6 \cdot (162.5)^9 = 7.901 \cdot 10^{25}$ e $\log(a) = 25.989$

Risolvendo quindi la prima equazione rispetto a $\Delta\sigma$, per $N=10^7$ cicli si ottiene

$$10^{\frac{\log(a) - \log(N)}{m}} = \Delta\sigma = 125.818 \text{ MPa}$$

$$\frac{\Delta\sigma}{\gamma_{Mf}} = \frac{125.818 \text{ MPa}}{1.15} = 109.4 \text{ MPa}$$

Quest'ultimo valore rappresenta il valore di resistenza a fatica per le barre di armatura per 10^7 cicli utilizzabile nel calcolo.

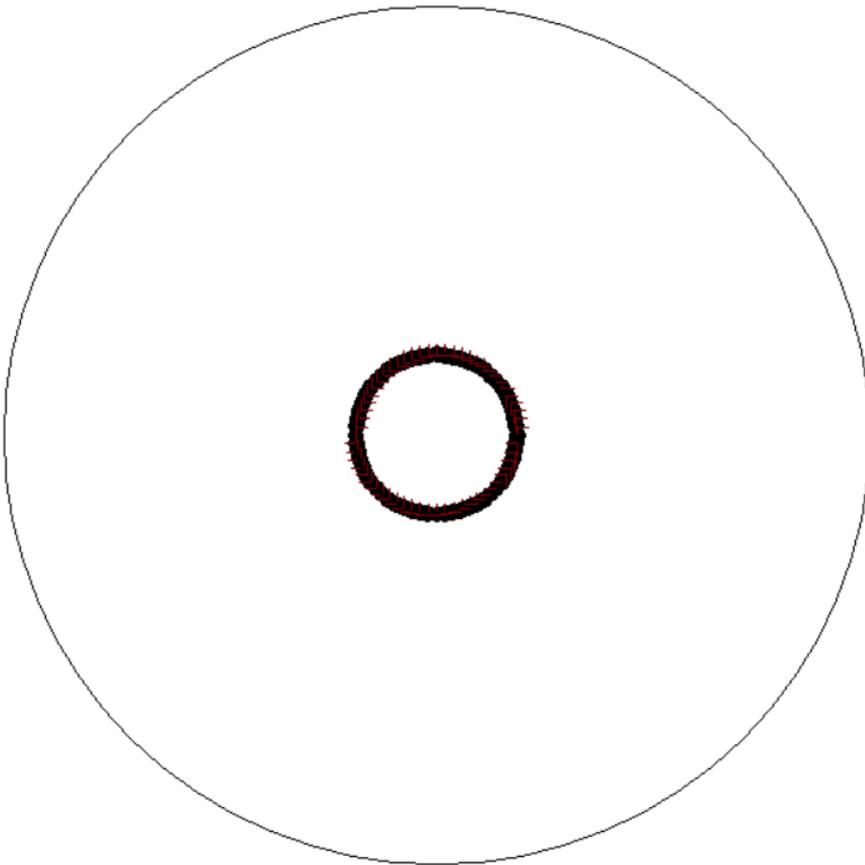
7.0 Ripartizione dei carichi

Nell'input dei carichi si segue la convenzione ora illustrata:



Essendo presenti 120+120 barre M36 disposti su circonferenze concentriche aventi diametro rispettivamente 4.45 m e 4.85 m, si sono inputati per ciascuna tipologia di fondazione i carichi di ciascuna combinazione, e inseriti come risultante lungo 60 punti giacenti sulla circonferenza media avente diametro 4.65 m e centro nel punto di coordinate (0;0).

Si riporta l'immagine della disposizione dei carichi



8.0 Risultati fondazione di tipo 1

Si riportano ora i risultati per la fondazione di tipo 1.

Dati generali della fondazione:

Diametro: 25 m

Altezza al bordo: 0.5 m

Altezza al colletto: 4.25 m

Diametro colletto: 7.1 m

Volume della fondazione: definita la funzione del profilo della fondazione come segue

Raggio plinto $\underline{\underline{R}} := 12.5 \cdot m$

Altezza costante primo tratto $h_1 := 0.5 \cdot m$

Raggio colletto $R_1 := 3.55 \cdot m$

Altezza alla base del colletto $h_2 := 4.25 \cdot m$

Altezza colletto $h_c := 0 \cdot m$

$t := 1000 \cdot kg$

$$x_1 := \frac{h_1}{m}$$

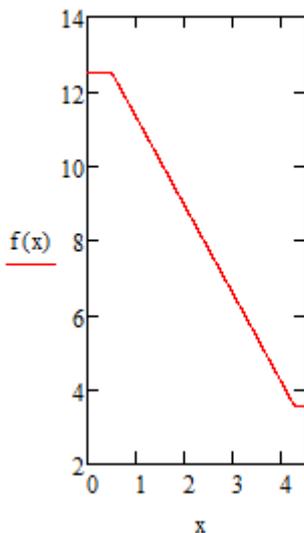
$$x_2 := \frac{h_2}{m}$$

$$y_1 := \frac{R}{m}$$

$$y_2 := \frac{R_1}{m}$$

$$h := \frac{h_2 + h_c}{m}$$

$$f(x) := \begin{cases} (12.5) & \text{if } x < 0.5 \\ \left[\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \cdot (y_2 - y_1) + y_1 \right] & \text{if } x \geq 0.5 \wedge x < 4.25 \\ 3.55 & \text{if } x \geq 4.25 \end{cases}$$



Il volume della fondazione si calcola come $V = \pi \cdot \int_0^{4.25} f(x)^2 dx = 1083 m^3$

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descrizione	Descrizione materiale
TC	Tipo calcestruzzo
Rek	Resistenza cubica caratteristica, espresso in [N/mmq]

g_{cks} Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kN/mc]
 E Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [N/mm²]
 n Coeff. di Poisson
 n Coeff. di omogeneizzazione
 TA Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [N/mm ²]	g _{cks} [kN/mc]	E [N/mm ²]	n	n	TA
1	C35/45	C35/45	45.000	24.52	34625.349	0.200	15.00	B450C

Geometria

Coordinate contorno esterno

n°	X [m]	Y [m]									
1	12.50	0.00	2	12.44	1.23	3	12.26	2.44	4	11.96	3.63
5	11.55	4.78	6	11.02	5.89	7	10.39	6.94	8	9.66	7.93
9	8.84	8.84	10	7.93	9.66	11	6.94	10.39	12	5.89	11.02
13	4.78	11.55	14	3.63	11.96	15	2.44	12.26	16	1.23	12.44
17	0.00	12.50	18	-1.23	12.44	19	-2.44	12.26	20	-3.63	11.96
21	-4.78	11.55	22	-5.89	11.02	23	-6.94	10.39	24	-7.93	9.66
25	-8.84	8.84	26	-9.66	7.93	27	-10.39	6.94	28	-11.02	5.89
29	-11.55	4.78	30	-11.96	3.63	31	-12.26	2.44	32	-12.44	1.23
33	-12.50	0.00	34	-12.44	-1.23	35	-12.26	-2.44	36	-11.96	-3.63
37	-11.55	-4.78	38	-11.02	-5.89	39	-10.39	-6.94	40	-9.66	-7.93
41	-8.84	-8.84	42	-7.93	-9.66	43	-6.94	-10.39	44	-5.89	-11.02
45	-4.78	-11.55	46	-3.63	-11.96	47	-2.44	-12.26	48	-1.23	-12.44
49	0.00	-12.50	50	1.23	-12.44	51	2.44	-12.26	52	3.63	-11.96
53	4.78	-11.55	54	5.89	-11.02	55	6.94	-10.39	56	7.93	-9.66
57	8.84	-8.84	58	9.66	-7.93	59	10.39	-6.94	60	11.02	-5.89
61	11.55	-4.78	62	11.96	-3.63	63	12.26	-2.44	64	12.44	-1.23

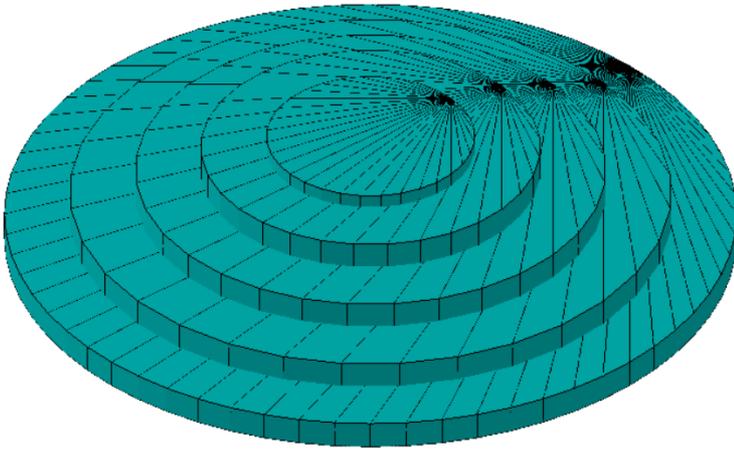
Spessori piastra

Simbologia adottata

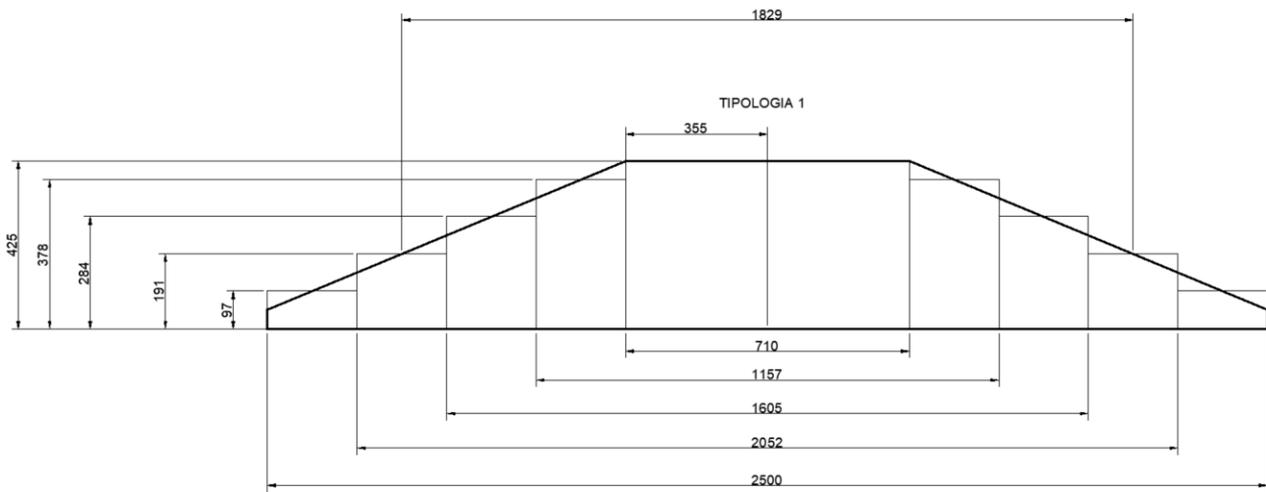
Sp Spessore, espresso in [cm]
 n° Indice del punto
 X, Y Ascissa e ordinata del punto, espresso in [cm]

Sp [cm]	n°	X [m]	Y [m]									
97.00	1	-12.50	-12.50	2	12.50	-12.50	3	12.50	12.50	4	-12.50	12.50
191.00	1	-1.01	-10.23	2	1.01	-10.23	3	2.98	-9.84	4	4.85	-9.07
	5	6.52	-7.95	6	7.95	-6.52	7	9.07	-4.85	8	9.84	-2.98
	9	10.23	-1.01	10	10.23	1.01	11	9.84	2.98	12	9.07	4.85
	13	7.95	6.52	14	6.52	7.95	15	4.85	9.07	16	2.98	9.84
	17	1.01	10.23	18	-1.01	10.23	19	-2.98	9.84	20	-4.85	9.07
	21	-6.52	7.95	22	-7.95	6.52	23	-9.07	4.85	24	-9.84	2.98
	25	-10.23	1.01	26	-10.23	-1.01	27	-9.84	-2.98	28	-9.07	-4.85
	29	-7.95	-6.52	30	-6.52	-7.95	31	-4.85	-9.07	32	-2.98	-9.84
284.00	1	-0.79	-8.00	2	0.79	-8.00	3	2.33	-7.69	4	3.79	-7.09
	5	5.10	-6.21	6	6.21	-5.10	7	7.09	-3.79	8	7.69	-2.33
	9	8.00	-0.79	10	8.00	0.79	11	7.69	2.33	12	7.09	3.79
	13	6.21	5.10	14	5.10	6.21	15	3.79	7.09	16	2.33	7.69
	17	0.79	8.00	18	-0.79	8.00	19	-2.33	7.69	20	-3.79	7.09
	21	-5.10	6.21	22	-6.21	5.10	23	-7.09	3.79	24	-7.69	2.33
	25	-8.00	0.79	26	-8.00	-0.79	27	-7.69	-2.33	28	-7.09	-3.79
	29	-6.21	-5.10	30	-5.10	-6.21	31	-3.79	-7.09	32	-2.33	-7.69
378.00	1	-0.57	-5.77	2	0.57	-5.77	3	1.68	-5.55	4	2.73	-5.11
	5	3.68	-4.48	6	4.48	-3.68	7	5.11	-2.73	8	5.55	-1.68
	9	5.77	-0.57	10	5.77	0.57	11	5.55	1.68	12	5.11	2.73
	13	4.48	3.68	14	3.68	4.48	15	2.73	5.11	16	1.68	5.55
	17	0.57	5.77	18	-0.57	5.77	19	-1.68	5.55	20	-2.73	5.11
	21	-3.68	4.48	22	-4.48	3.68	23	-5.11	2.73	24	-5.55	1.68
	25	-5.77	0.57	26	-5.77	-0.57	27	-5.55	-1.68	28	-5.11	-2.73
	29	-4.48	-3.68	30	-3.68	-4.48	31	-2.73	-5.11	32	-1.68	-5.55
425.00	1	-0.35	-3.54	2	0.35	-3.54	3	1.03	-3.40	4	1.68	-3.14
	5	2.26	-2.75	6	2.75	-2.26	7	3.14	-1.68	8	3.40	-1.03
	9	3.54	-0.35	10	3.54	0.35	11	3.40	1.03	12	3.14	1.68
	13	2.75	2.26	14	2.26	2.75	15	1.68	3.14	16	1.03	3.40
	17	0.35	3.54	18	-0.35	3.54	19	-1.03	3.40	20	-1.68	3.14
	21	-2.26	2.75	22	-2.75	2.26	23	-3.14	1.68	24	-3.40	1.03
	25	-3.54	0.35	26	-3.54	-0.35	27	-3.40	-1.03	28	-3.14	-1.68
	29	-2.75	-2.26	30	-2.26	-2.75	31	-1.68	-3.14	32	-1.03	-3.40

Si riporta la grafica della fondazione così modellata



Gli spessori medi sono desunti dalla seguente immagine



Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
g	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
g _{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
d	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [N/mm ²]
ca	Adesione del terreno espressa in [N/mm ²]
t _i	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [N/mm ²]
a	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	g	g _{sat}	f	d	c	ca
	[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
ANDESITI BASALTICHE	2.150	2.300	35.00	23.33	5.0000	0.0000

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato

N	Z1	Z2	Z3	Terreno
	[m]	[m]	[m]	
1	-2.0	-2.0	-2.0	ANDESITI BASALTICHE

Falda

Falda non presente

Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw
		[Kg/cm ² /cm]
Verticale	Kwv	8.440
Orizzontale	Kwo	Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan(f))

Convenzioni adottate

Carichi e reazioni vincolari

Fz	Carico verticale positivo verso il basso
Fx	Forza orizzontale in direzione X positiva nel verso delle X crescenti.
Fy	Forza orizzontale in direzione Y positiva nel verso delle Y crescenti.
Mx	Momento con asse vettore parallelo all'asse X positivo antiorario.
My	Momento con asse vettore parallelo all'asse Y positivo antiorario.

Sollecitazioni

Mx	Momento flettente X con asse vettore parallelo all'asse Y (positivo se tende le fibre inferiori).
My	Momento flettente Y con asse vettore parallelo all'asse X (positivo se tende le fibre inferiori).
Mxy	Momento flettente XY.

Normativa - Coefficienti di sicurezza

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	(A1) - STR
Permanenti	Favorevole	$g_{G1,fav}$	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$g_{G1,sfav}$	1.30
Permanenti non strutturali	Favorevole	$g_{G2,fav}$	0.80
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$g_{G2,sfav}$	1.50
Variabili	Favorevole	$g_{Q1,fav}$	0.00
Variabili	Sfavorevole	$g_{Q1,sfav}$	1.50
Variabili traffico	Favorevole	$g_{Q,fav}$	0.00
Variabili traffico	Sfavorevole	$g_{Q,sfav}$	1.35

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA	Coefficiente parziale	(M1)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan f_k$	g_f	1.00
Coesione efficace	c'_k	g_c	1.00
Resistenza non drenata	c_{uk}	g_{cu}	1.00

Coefficienti parziali g_k per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 7

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Ribaltante 1	1.00

Combinazione n° 2 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Ribaltante NTC	1.00

Combinazione n° 3 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Massima pressione Z	1.00

Combinazione n° 4 - - SLE Quasi permanente

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
SLE	1.00

Combinazione n° 5 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Carico medio	1.00

Combinazione n° 6 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
R=7	1.00

Combinazione n° 7 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Ribaltante NTC	1.00

Impostazioni di analisi

Portanza fondazione superficiale

Metodo calcolo portanza: Hansen
Criterio di media calcolo strato equivalente: Ponderata
Riduzione portanza per effetto eccentricità: Meyerhof
Fattore di rigidità della sovrastruttura 0.00

Impostazioni di analisi

Portanza fondazione superficiale

Metodo calcolo portanza: Hansen
Criterio di media calcolo strato equivalente: Ponderata
Riduzione portanza per effetto eccentricità: Meyerhof
Fattore di rigidità della sovrastruttura 0.00

Zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine 40.548365
Longitudine 8.833082
Comune Pozzomaggiore
Provincia Sassari
Regione Sardegna

Punti di interpolazione del reticolo

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria
Vita nominale 50 anni
Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento 50 anni

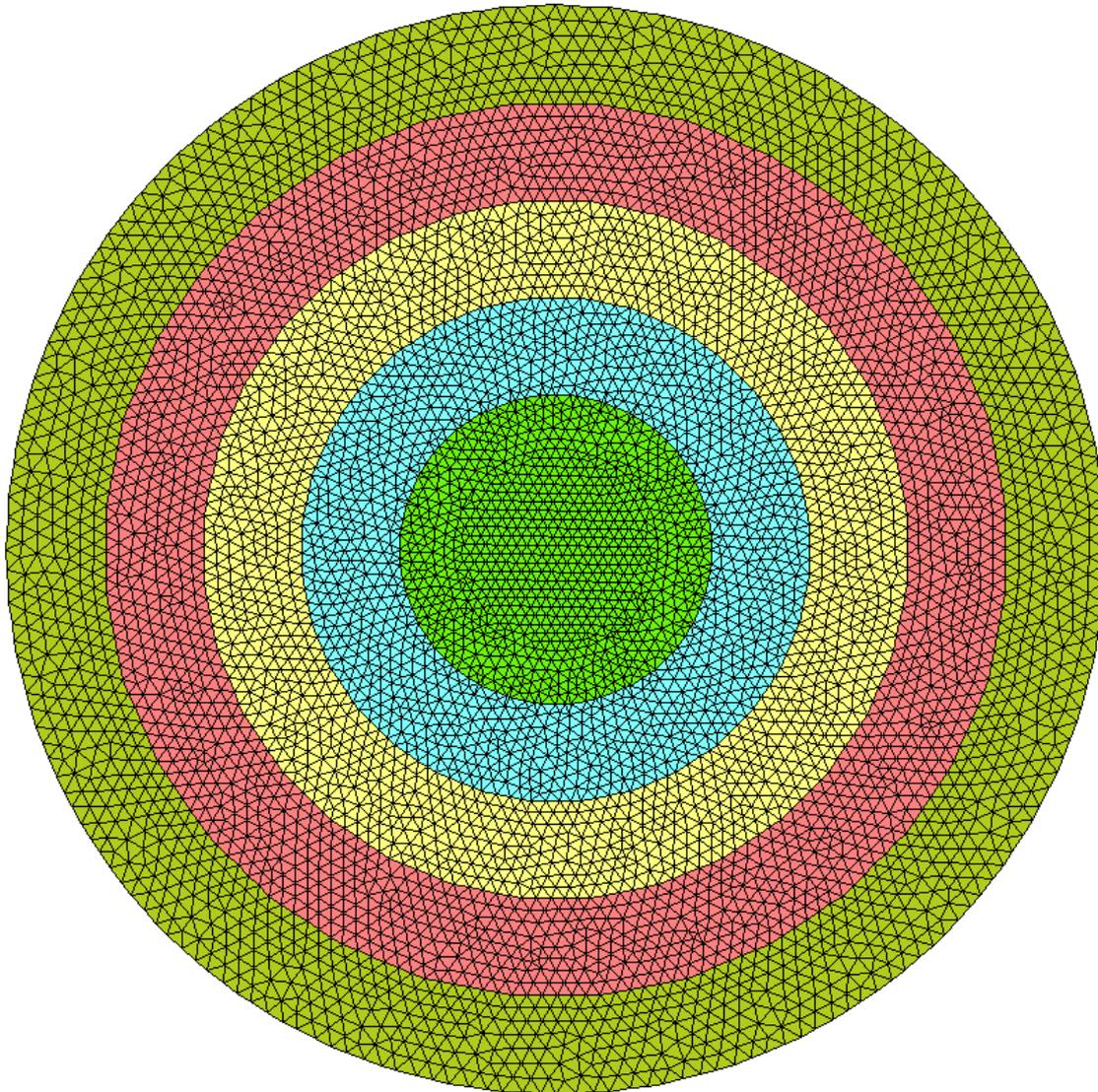
Descrizione	Simbolo	UM		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		0.490	0.231
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.880	2.670
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.340	0.296
Coeff. di amplificazione per tipo di sottosuolo	Ss		C	1.500	1.500
Coeff. di amplificazione topografica	St		T3	1.200	1.200
Coeff. di intensità sismica orizzontale	K _s	[%]		8.99	4.24

Modello

Caratteristiche Mesh

Numero elementi 11256
Numero nodi 5725

Tipo di mesh utilizzata: triangolare non strutturata, con deformabilità tagliante, con nodi in corrispondenza dei carichi concentrati



Risultati inviluppo

Spostamenti

Piastra

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
w	Spostamento verticale, espresso in [cm]
u	Spostamento direzione X, espresso in [cm]
v	Spostamento direzione Y, espresso in [cm]
fx	Rotazione intorno all'asse X, espressa in [°]
fy	Rotazione intorno all'asse Y, espressa in [°]
p	Pressione sul terreno (solo per calcolo fondazione), espressa in [N/mmq]
kw	Costante di Winkler (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm ² /cm]. Il valore viene stampato solo se si è utilizzato il modello di interazione

Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi

In	X [m]	Y [m]		Valore	UM	Cmb	
2695	-0.01	-9.11	w	0.274630	[cm]	7	MAX
4130	0.00	12.50		-0.461372		7	MIN
4130	0.00	12.50	ux	0.004810	[cm]	6	MAX
3007	0.00	-12.50		-0.004810		6	MIN
5718	-12.50	0.00	uy	0.010809	[cm]	2	MAX
180	12.50	0.00		-0.002966		6	MIN
5110	-9.06	-7.11	fx	0.000172	[°]	2	MAX
554	8.96	-7.19		-0.000172		2	MIN
2548	0.06	0.89	fy	0.000468	[°]	7	MAX
3018	-0.17	-12.15		-0.000175		2	MIN
2695	-0.01	-9.11	p	0.2273095	[N/mmq]	7	MAX
5049	-5.27	10.59		0.0000016		4	MIN

Sollecitazioni

Piastra

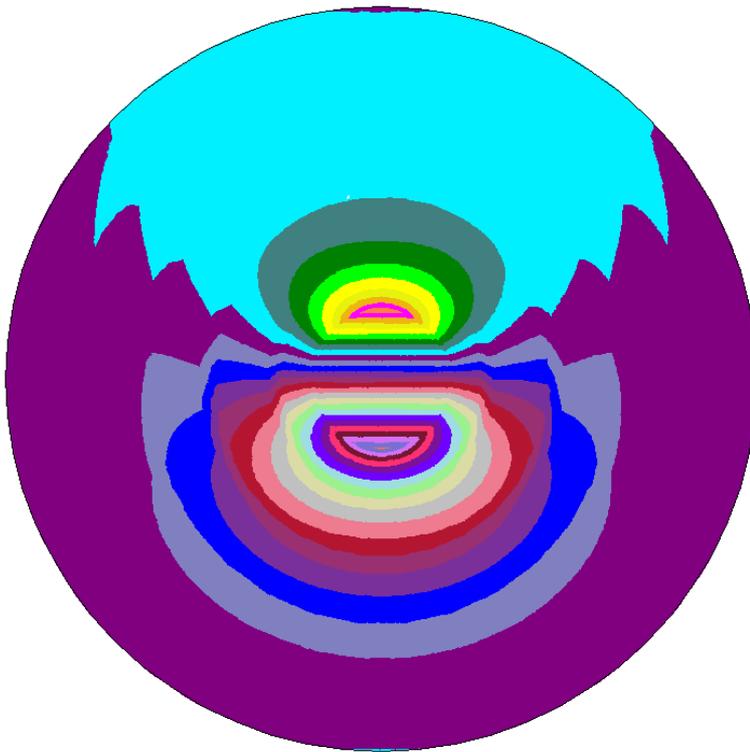
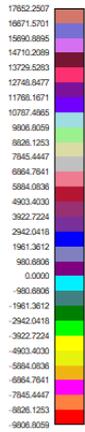
Sollecitazioni massime e minime piastra

Simbologia adottata

In	Indice nodo modello
Mx	Momento X espresso in [kNm]
My	Momento Y espresso in [kNm]
Mxy	Momento XY espresso in [kNm]
Tx	Taglio X, espresso in [kN]
Ty	Taglio Y, espresso in [kN]
Nx	Tensione normale X espressa in [N/mmq]
Ny	Tensione normale Y espressa in [N/mmq]
Nxy	Tensione tangenziale XY espressa in [N/mmq]

In	X [m]	Y [m]		Valore	UM	Cmb	
2325	0.00	-2.33	Mx	9015.1796	[kNm]	2	MAX
2767	0.00	2.33		-5302.1197		7	MIN
2325	0.00	-2.33	My	16756.5013	[kNm]	7	MAX
2767	0.00	2.33		-9256.1516		2	MIN
1381	2.80	0.06	Mxy	3298.7664	[kNm]	2	MAX
3724	-2.80	-0.06		-3289.9054		7	MIN
2817	-0.13	2.11	Tx	6929.0333	[kN]	7	MAX
2256	0.16	-2.54		-6514.4730		7	MIN
2817	-0.13	2.11	Ty	6929.0333	[kN]	7	MAX
2361	-0.10	-2.54		-6530.3882		7	MIN
3157	-1.74	-1.74	Nx	0.056	[N/mmq]	6	MAX
3395	-1.58	1.92		-0.054		6	MIN
3395	-1.58	1.92	Ny	0.068	[N/mmq]	2	MAX
3157	-1.74	-1.74		-0.070		2	MIN
2708	0.10	2.54	Nxy	0.050	[N/mmq]	6	MAX
3642	-2.54	0.10		-0.063		2	MIN

Massimo momento M_y

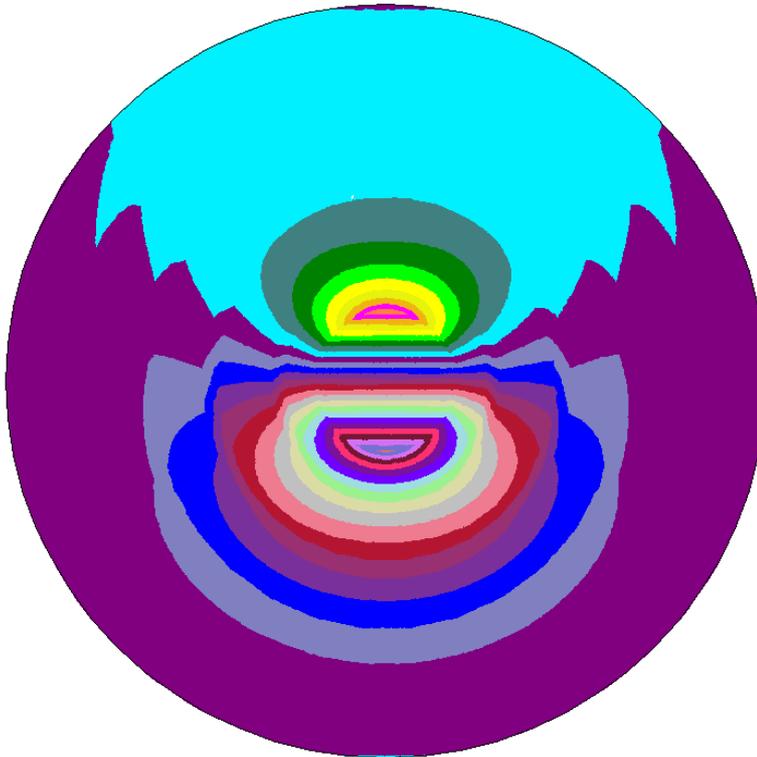
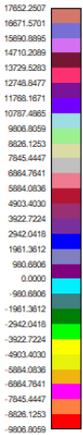


Sollecitazioni nodali [7]

Nodo 2325 (X = 0.00 Y = -232.50 cm)

Mx = 8531.9618 kNm
My = 16774.4838 kNm
Mxy = 16.8810 kNm
Tx = 17.2153 kN
Ty = -183.6920 kN

Minimo momento M_y



Sollecitazioni nodali [7]

Nodo 2767 (X = 0.00 Y = 232.50 cm)

Mx = -5278.9184 kNm
My = -8509.1853 kNm
Mxy = -15.0902 kNm
Tx = 17.7702 kN
Ty = 775.9994 kN

I punti sopra ispezionati forniscono anche i valori massimi e minimi di M_x , del quale comunque si riporta il grafico

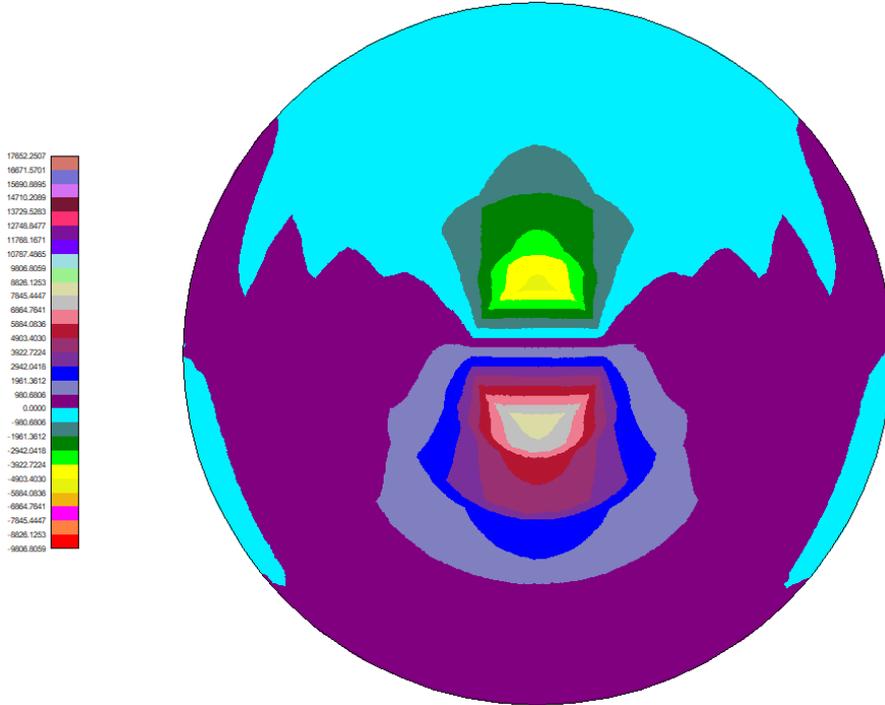


Diagramma del taglio T_x

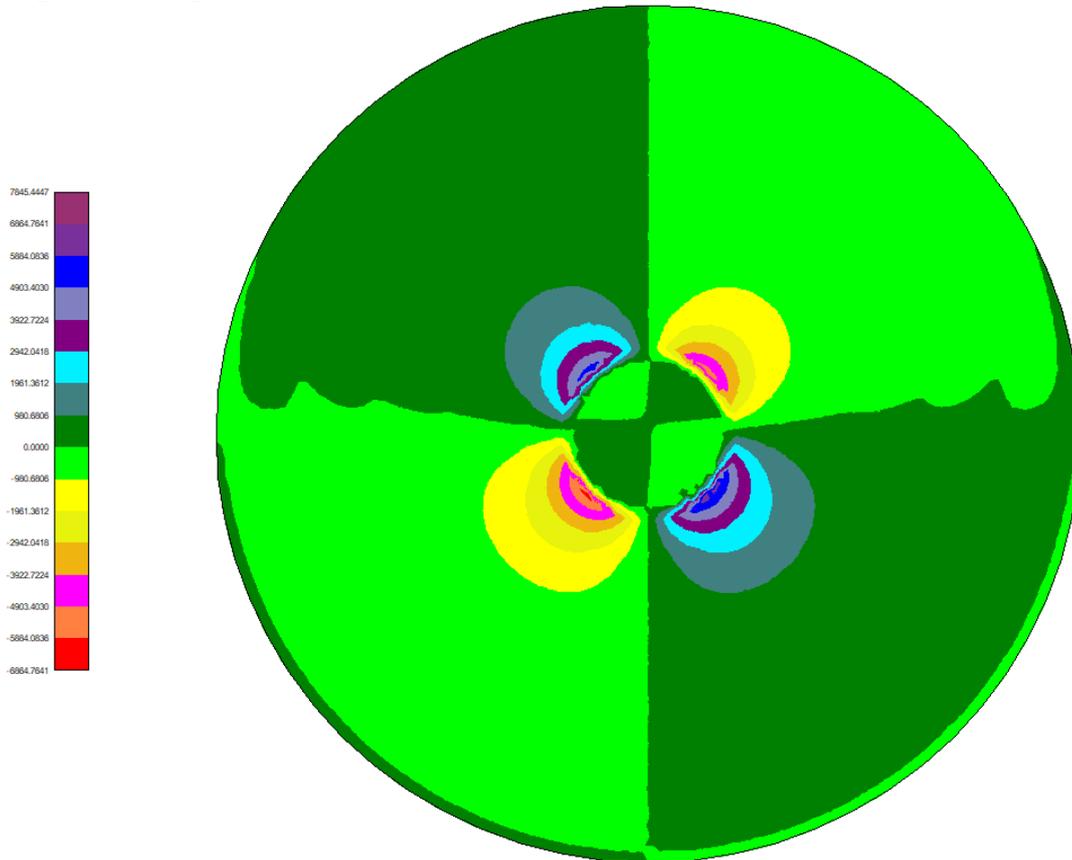
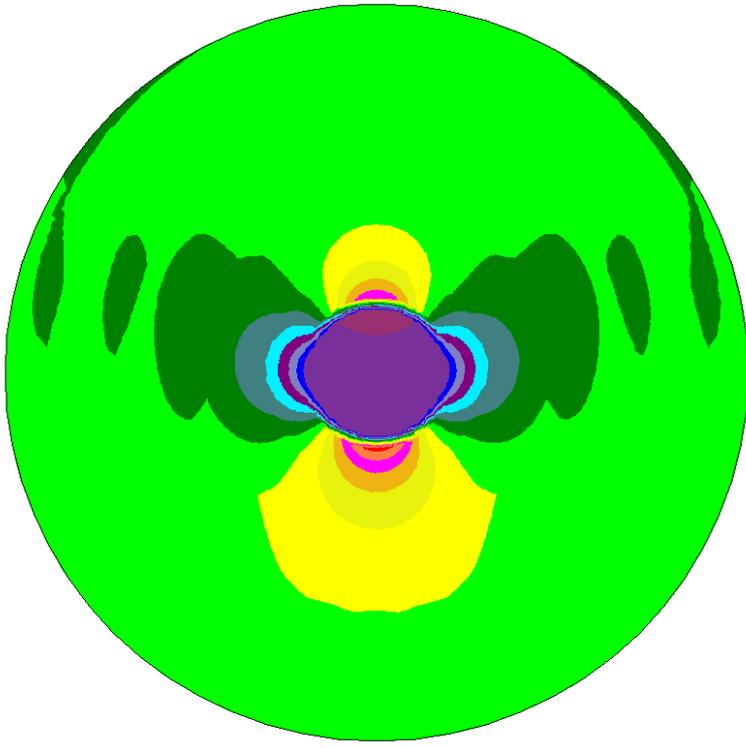
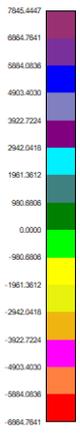


Diagramma del taglio T_y



Verifica al ribaltamento (SLU EQU)

$$M_{\text{rib}} = 232567 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = 1083 \text{ m}^3 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 12.5\text{m} \cdot 0.9 + 6725 \text{ kN} \cdot 12.5\text{m} \cdot 0.9 = 380250 \text{ kNm}$$

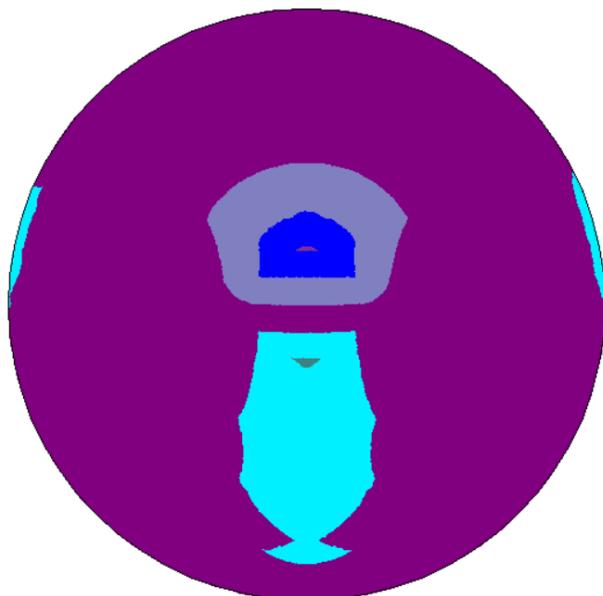
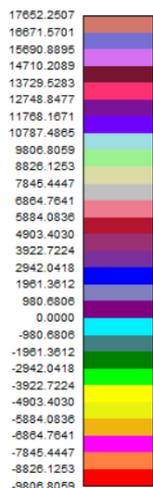
In cui il momento stabilizzante è dato dal peso totale della fondazione, moltiplicato per il coefficiente 0.9 e per il braccio di leva 12.5m, ed il valore dell'azione verticale della combinazione ribaltante *non fattorizzata*, mentre il momento ribaltante è dato dal momento ribaltante *fattorizzato*

$$M_{\text{stab}} / M_{\text{rib}} = 1.635$$

Verifica soddisfatta

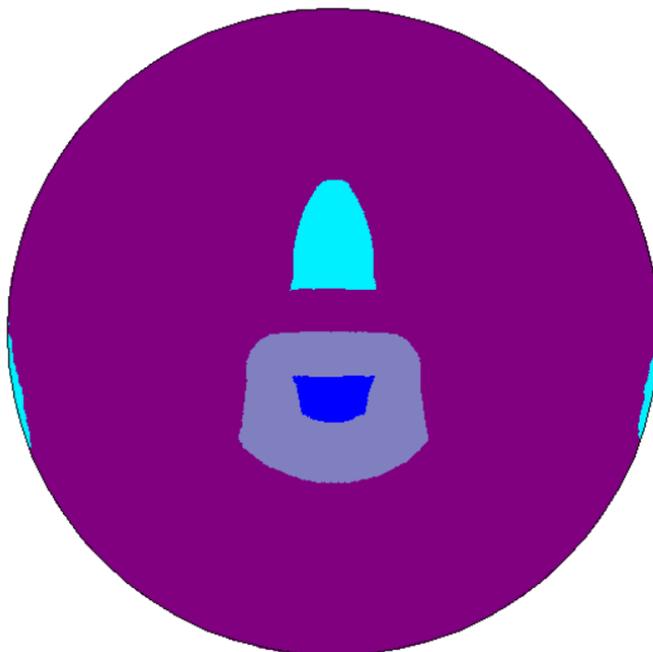
Verifica delle escursioni tensionali

Sollecitazioni da carico medio, punto di coordinate (0;-232.5)



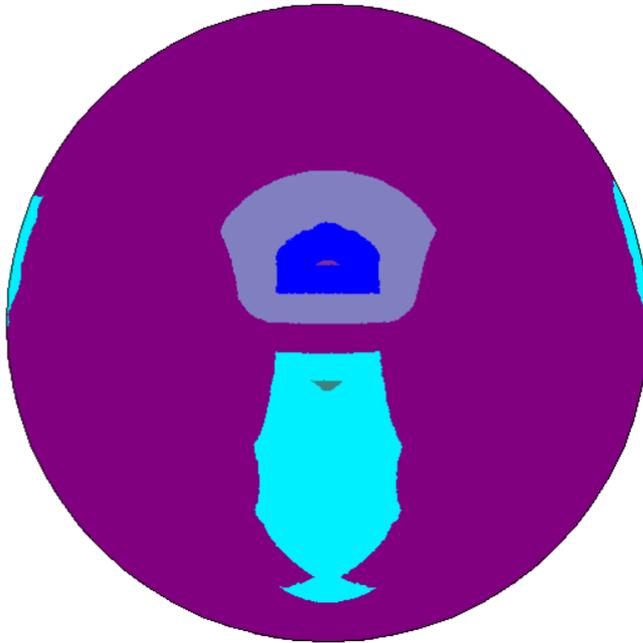
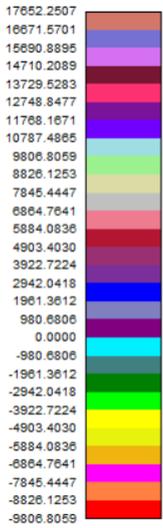
Sollecitazioni nodali [5]	
Nodo 2325 (X = 0.00 Y = -232.50 cm)	
Mx	= -1083.4947 kNm
My	= -2874.9169 kNm
Mxy	= -4.5886 kNm
Tx	= -4.8089 kN
Ty	= -145.6323 kN

Sollecitazioni per range m=7, punto di coordinate (0;-232.5)



Sollecitazioni nodali [6]	
Nodo 2325 (X = 0.00 Y = -232.50 cm)	
Mx	= 2354.8941 kNm
My	= 3538.0396 kNm
Mxy	= 3.2000 kNm
Tx	= 3.4686 kN
Ty	= -0.3117 kN

Sollecitazioni da carico medio, punto di coordinate (0;+232.5)

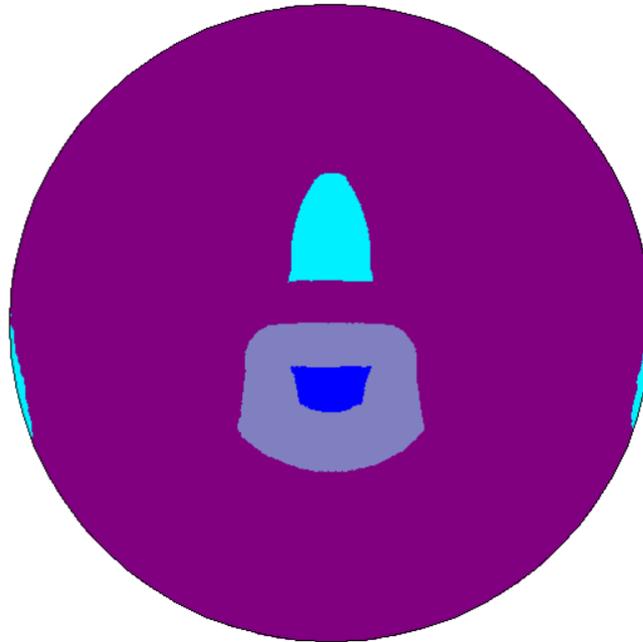
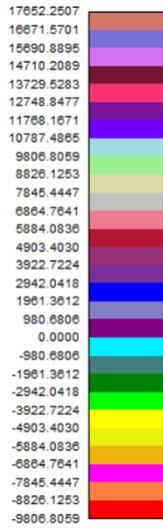


Sollecitazioni nodali [5]

Nodo 2767 (X = 0.00 Y = 232.50 cm)

Mx = 2994.8967 kNm
My = 4730.7271 kNm
Mxy = 4.8996 kNm
Tx = -5.7041 kN
Ty = -27.3128 kN

Sollecitazioni per range m=7, punto di coordinate (0;+232.5)



Sollecitazioni nodali [6]

Nodo 2767 (X = 0.00 Y = 232.50 cm)

Mx = -444.5864 kNm
My = -1682.6077 kNm
Mxy = -3.2962 kNm
Tx = 3.6602 kN
Ty = 118.9697 kN

9.0 Risultati fondazione di tipo 2

Si riportano ora i risultati per la fondazione di tipo 2. La differenza rispetto alla fondazione 1 consiste in uno spessore minore all'imposta del colletto. Questa fondazione è prevista per i terreni caratterizzati dalla presenza di piroclastiti saldate

Dati generali della fondazione:

Diametro: 25 m

Altezza al bordo: 1 m

Altezza all'imposta del colletto 4.00 m

Altezza colletto: 0.25 m

Diametro colletto: 7.1 m

Volume della fondazione: definita la funzione del profilo della fondazione come segue

Raggio plinto $R := 12.5 \cdot m$

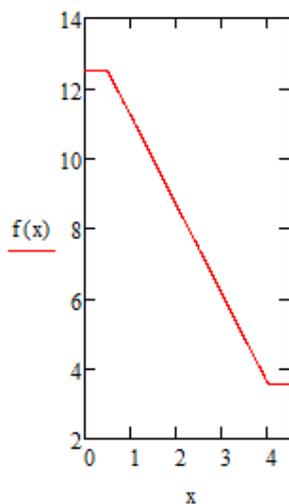
Altezza costante primo tratto $h_1 := 0.5 \cdot m$

Raggio colletto $R_1 := 3.55 \cdot m$

Altezza al colletto $h_2 := 4 \cdot m$

$$x_1 := \frac{h_1}{m} \quad x_2 := \frac{h_2}{m} \quad y_1 := \frac{R}{m} \quad y_2 := \frac{R_1}{m} \quad h := \frac{h_2}{m}$$

$$f(x) := \begin{cases} (12.5) & \text{if } x < \frac{h_1}{m} \\ \left[\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \cdot (y_2 - y_1) + y_1 \right] & \text{if } x \geq \frac{h_1}{m} \wedge x < \frac{h_2}{m} \\ 3.55 & \text{if } x \geq \frac{h_2}{m} \end{cases}$$



$$V := \left[\pi \cdot \int_0^{4.25} (f(x))^2 dx \right] \cdot m^3 = 1037 \cdot m^3$$

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descrizione	Descrizione materiale
TC	Tipo calcestruzzo
Rck	Resistenza cubica caratteristica, espresso in [N/mm ²]
g _{cs}	Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kN/mc]
E	Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [N/mm ²]
n	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogeneizzazione
TA	Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [N/mmq]	g _{cs} [kN/mc]	E [N/mmq]	n	n	TA
1	C50/60	C50/60	60.000	24.52	37239.106	0.200	15.00	B450C

Geometria

Coordinate contorno esterno

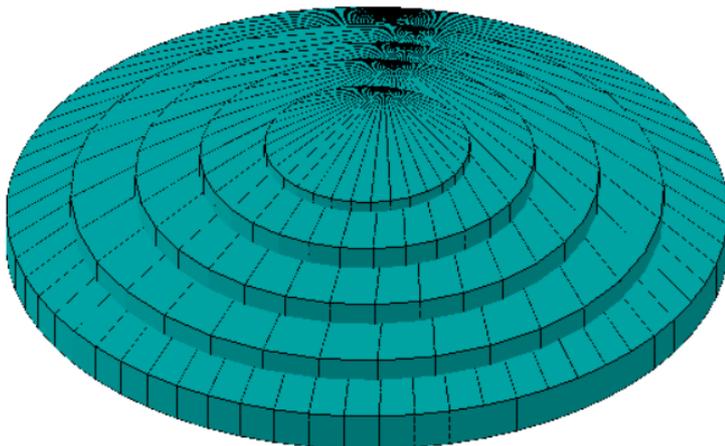
n°	X [m]	Y [m]									
1	12.50	0.00	2	12.44	1.23	3	12.26	2.44	4	11.96	3.63
5	11.55	4.78	6	11.02	5.89	7	10.39	6.94	8	9.66	7.93
9	8.84	8.84	10	7.93	9.66	11	6.94	10.39	12	5.89	11.02
13	4.78	11.55	14	3.63	11.96	15	2.44	12.26	16	1.23	12.44
17	0.00	12.50	18	-1.23	12.44	19	-2.44	12.26	20	-3.63	11.96
21	-4.78	11.55	22	-5.89	11.02	23	-6.94	10.39	24	-7.93	9.66
25	-8.84	8.84	26	-9.66	7.93	27	-10.39	6.94	28	-11.02	5.89
29	-11.55	4.78	30	-11.96	3.63	31	-12.26	2.44	32	-12.44	1.23
33	-12.50	0.00	34	-12.44	-1.23	35	-12.26	-2.44	36	-11.96	-3.63
37	-11.55	-4.78	38	-11.02	-5.89	39	-10.39	-6.94	40	-9.66	-7.93
41	-8.84	-8.84	42	-7.93	-9.66	43	-6.94	-10.39	44	-5.89	-11.02
45	-4.78	-11.55	46	-3.63	-11.96	47	-2.44	-12.26	48	-1.23	-12.44
49	0.00	-12.50	50	1.23	-12.44	51	2.44	-12.26	52	3.63	-11.96
53	4.78	-11.55	54	5.89	-11.02	55	6.94	-10.39	56	7.93	-9.66
57	8.84	-8.84	58	9.66	-7.93	59	10.39	-6.94	60	11.02	-5.89
61	11.55	-4.78	62	11.96	-3.63	63	12.26	-2.44	64	12.44	-1.23

Spessori piastra

Simbologia adottata

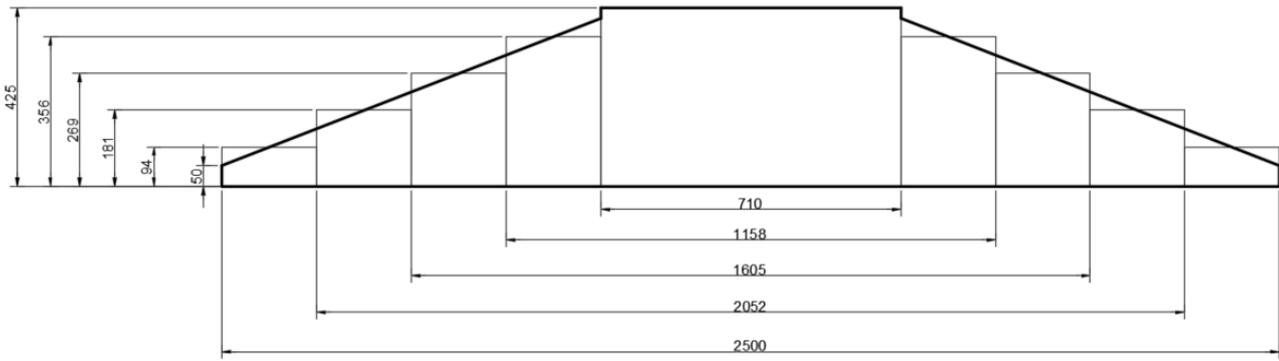
Sp Spessore, espresso in [cm]
n° Indice del punto
X, Y Ascissa e ordinata del punto, espresso in [cm]

Sp [cm]	n°	X [m]	Y [m]									
94.00	1	-12.50	-12.50	2	12.50	-12.50	3	12.50	12.50	4	-12.50	12.50
181.00	1	-1.01	-10.23	2	1.01	-10.23	3	2.98	-9.84	4	4.85	-9.07
	5	6.52	-7.95	6	7.95	-6.52	7	9.07	-4.85	8	9.84	-2.98
	9	10.23	-1.01	10	10.23	1.01	11	9.84	2.98	12	9.07	4.85
	13	7.95	6.52	14	6.52	7.95	15	4.85	9.07	16	2.98	9.84
	17	1.01	10.23	18	-1.01	10.23	19	-2.98	9.84	20	-4.85	9.07
	21	-6.52	7.95	22	-7.95	6.52	23	-9.07	4.85	24	-9.84	2.98
	25	-10.23	1.01	26	-10.23	-1.01	27	-9.84	-2.98	28	-9.07	-4.85
	29	-7.95	-6.52	30	-6.52	-7.95	31	-4.85	-9.07	32	-2.98	-9.84
269.00	1	-0.79	-8.00	2	0.79	-8.00	3	2.33	-7.69	4	3.79	-7.09
	5	5.10	-6.21	6	6.21	-5.10	7	7.09	-3.79	8	7.69	-2.33
	9	8.00	-0.79	10	8.00	0.79	11	7.69	2.33	12	7.09	3.79
	13	6.21	5.10	14	5.10	6.21	15	3.79	7.09	16	2.33	7.69
	17	0.79	8.00	18	-0.79	8.00	19	-2.33	7.69	20	-3.79	7.09
	21	-5.10	6.21	22	-6.21	5.10	23	-7.09	3.79	24	-7.69	2.33
	25	-8.00	0.79	26	-8.00	-0.79	27	-7.69	-2.33	28	-7.09	-3.79
	29	-6.21	-5.10	30	-5.10	-6.21	31	-3.79	-7.09	32	-2.33	-7.69
356.00	1	-0.57	-5.77	2	0.57	-5.77	3	1.68	-5.55	4	2.73	-5.11
	5	3.68	-4.48	6	4.48	-3.68	7	5.11	-2.73	8	5.55	-1.68
	9	5.77	-0.57	10	5.77	0.57	11	5.55	1.68	12	5.11	2.73
	13	4.48	3.68	14	3.68	4.48	15	2.73	5.11	16	1.68	5.55
	17	0.57	5.77	18	-0.57	5.77	19	-1.68	5.55	20	-2.73	5.11
	21	-3.68	4.48	22	-4.48	3.68	23	-5.11	2.73	24	-5.55	1.68
	25	-5.77	0.57	26	-5.77	-0.57	27	-5.55	-1.68	28	-5.11	-2.73
	29	-4.48	-3.68	30	-3.68	-4.48	31	-2.73	-5.11	32	-1.68	-5.55
420.00	1	-0.35	-3.54	2	0.35	-3.54	3	1.03	-3.40	4	1.68	-3.14
	5	2.26	-2.75	6	2.75	-2.26	7	3.14	-1.68	8	3.40	-1.03
	9	3.54	-0.35	10	3.54	0.35	11	3.40	1.03	12	3.14	1.68
	13	2.75	2.26	14	2.26	2.75	15	1.68	3.14	16	1.03	3.40
	17	0.35	3.54	18	-0.35	3.54	19	-1.03	3.40	20	-1.68	3.14
	21	-2.26	2.75	22	-2.75	2.26	23	-3.14	1.68	24	-3.40	1.03
	25	-3.54	0.35	26	-3.54	-0.35	27	-3.40	-1.03	28	-3.14	-1.68
	29	-2.75	-2.26	30	-2.26	-2.75	31	-1.68	-3.14	32	-1.03	-3.40



Gli spessori assegnati nella modellazione sono desunti dalla seguente sezione

TIPOLOGIA 2



Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
g	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
g _{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
d	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [N/mm ²]
ca	Adesione del terreno espressa in [N/mm ²]
t _i	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [N/mm ²]
a	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	g [kN/mc]	g _{sat} [kN/mc]	f [°]	d [°]	c [N/mm ²]	ca [N/mm ²]
PIROCLASTITI SALDATE	23.000	24.000	36.00	24.00	0.0000	0.0000

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno
1	-2.0	-2.0	-2.0	PIROCLASTITI SALDATE

Falda

Falda non presente

Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw [Kg/cm ² /cm]
Verticale	K _{wv}	5,030
Orizzontale	K _{wo}	Calcolata dal programma (K _{wo} =K _{wv} *tan(f))

Convenzioni adottate

Carichi e reazioni vincolari

F _z	Carico verticale positivo verso il basso
F _x	Forza orizzontale in direzione X positiva nel verso delle X crescenti.
F _y	Forza orizzontale in direzione Y positiva nel verso delle Y crescenti.
M _x	Momento con asse vettore parallelo all'asse X positivo antiorario.
M _y	Momento con asse vettore parallelo all'asse Y positivo antiorario.

Sollecitazioni

M _x	Momento flettente X con asse vettore parallelo all'asse Y (positivo se tende le fibre inferiori).
M _y	Momento flettente Y con asse vettore parallelo all'asse X (positivo se tende le fibre inferiori).
M _{xy}	Momento flettente XY.

Normativa - Coefficienti di sicurezza

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	(A1) - STR
Permanenti	Favorevole	g _{G1,fav}	1.00
Permanenti	Sfavorevole	g _{G1,sfav}	1.30
Permanenti non strutturali	Favorevole	g _{G2,fav}	0.80
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	g _{G2,sfav}	1.50
Variabili	Favorevole	g _{Q1,fav}	0.00
Variabili	Sfavorevole	g _{Q1,sfav}	1.50
Variabili traffico	Favorevole	g _{Q,fav}	0.00
Variabili traffico	Sfavorevole	g _{Q,sfav}	1.35

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA	Coefficiente parziale	(M1)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	tan Γ _k	g _r	1.00
Coesione efficace	c _k	g _c	1.00
Resistenza non drenata	c _{uk}	g _{cu}	1.00

Coefficienti parziali g_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 7

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Ribaltante 1	1.00

Combinazione n° 2 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Ribaltante NTC	1.00

Combinazione n° 3 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Massima pressione Z	1.00

Combinazione n° 4 - - SLE Quasi permanente

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
SLE	1.00

Combinazione n° 5 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Carico medio	1.00

Combinazione n° 6 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
R=7	1.00

Combinazione n° 7 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Ribaltante NTC	1.00

Impostazioni di analisi

Portanza fondazione superficiale

Metodo calcolo portanza: Hansen

Criterio di media calcolo strato equivalente: Ponderata

Riduzione portanza per effetto eccentricità: Meyerhof

Fattore di rigidezza della sovrastruttura 0.00

Modello

Caratteristiche Mesh

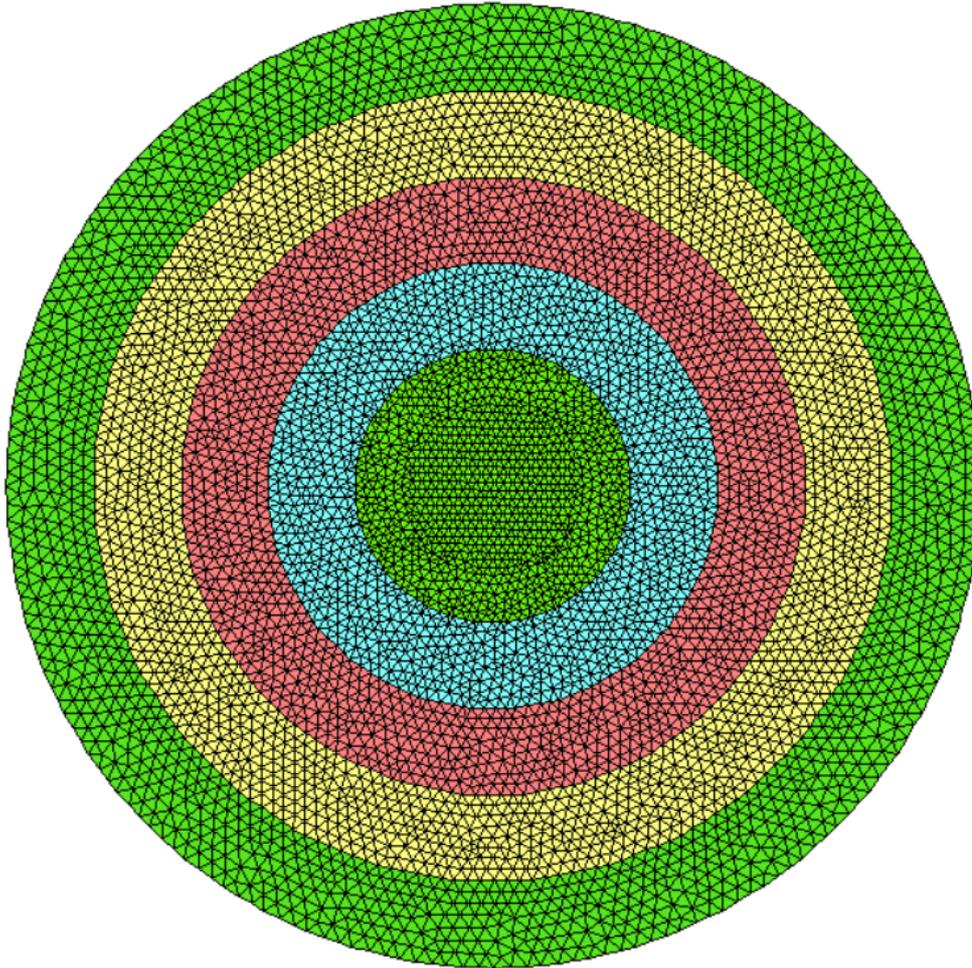
Numero elementi

11256

Numero nodi

5725

Tipo di mesh utilizzata: triangolare non strutturata, con deformabilità tagliante, con nodi in corrispondenza dei carichi concentrati



Risultati inviluppo

Spostamenti

Piastra

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
w	Spostamento verticale, espresso in [cm]
u	Spostamento direzione X, espresso in [cm]
v	Spostamento direzione Y, espresso in [cm]
fx	Rotazione intorno all'asse X, espressa in [°]
fy	Rotazione intorno all'asse Y, espressa in [°]
p	Pressione sul terreno (solo per calcolo fondazione), espressa in [N/mmq]
kw	Costante di Winkler (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm ² /cm]. Il valore viene stampato solo se si è utilizzato il modello di interazione

Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi

In	X [m]	Y [m]		Valore	UM	Cmb	
2949	0.04	-10.81	w	0.468825	[cm]	7	MAX
4130	0.00	12.50		-0.687526		7	MIN
4130	0.00	12.50	ux	0.007852	[cm]	6	MAX
3007	0.00	-12.50		-0.007852		6	MIN
5718	-12.50	0.00	uy	0.017901	[cm]	2	MAX
180	12.50	0.00		-0.004781		6	MIN
5110	-9.06	-7.11	fx	0.000195	[°]	2	MAX
554	8.96	-7.19		-0.000195		2	MIN
2548	0.06	0.89	fy	0.000663	[°]	7	MAX
3018	-0.17	-12.15		-0.000124		3	MIN
2949	0.04	-10.81	p	0.2312632	[N/mmq]	7	MAX
2064	3.99	5.97		0.0000096		1	MIN

Sollecitazioni

Piastra

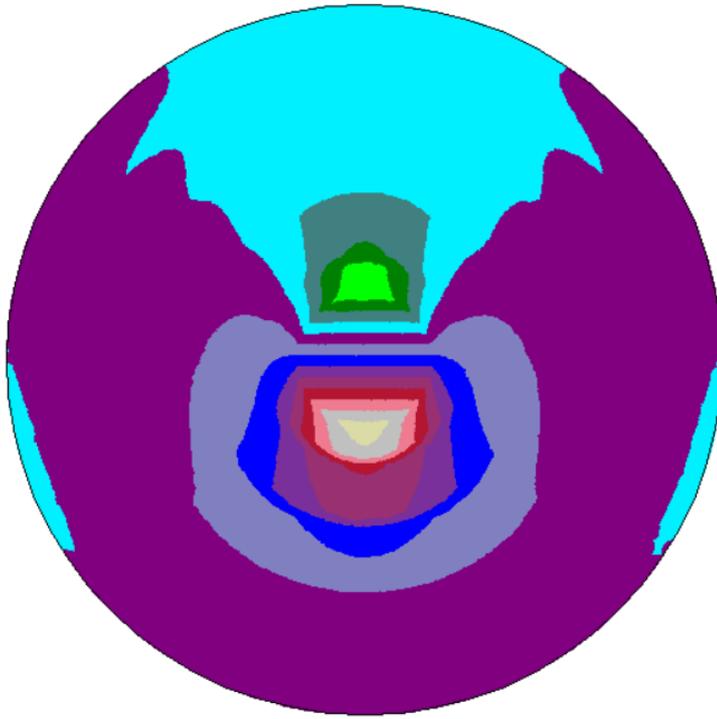
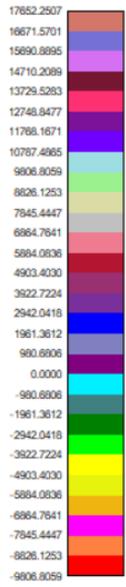
Sollecitazioni massime e minime piastra

Simbologia adottata

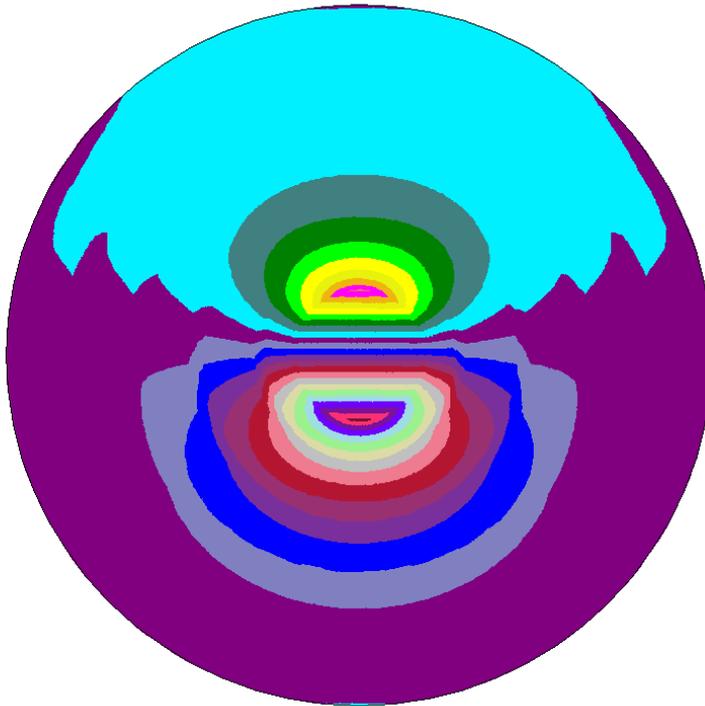
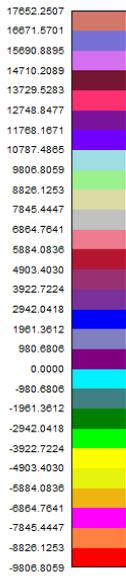
In	Indice nodo modello
Mx	Momento X espresso in [kNm]
My	Momento Y espresso in [kNm]
Mxy	Momento XY espresso in [kNm]
Tx	Taglio X, espresso in [kN]
Ty	Taglio Y, espresso in [kN]
Nx	Tensione normale X espressa in [N/mmq]
Ny	Tensione normale Y espressa in [N/mmq]
Nxy	Tensione tangenziale XY espressa in [N/mmq]

In	X [m]	Y [m]		Valore	UM	Cmb	
2325	0.00	-2.33	Mx	9357.2110	[kNm]	2	MAX
2767	0.00	2.33		-5372.0388		7	MIN
2325	0.00	-2.33	My	17362.5248	[kNm]	7	MAX
2767	0.00	2.33		-9115.5751		2	MIN
1381	2.80	0.06	Mxy	3297.9343	[kNm]	2	MAX
3724	-2.80	-0.06		-3288.0055		2	MIN
2817	-0.13	2.11	Tx	7035.8767	[kN]	7	MAX
3157	-1.74	-1.74		-6457.2656		2	MIN
2817	-0.13	2.11	Ty	7035.8767	[kN]	7	MAX
2361	-0.10	-2.54		-6472.0081		7	MIN
3157	-1.74	-1.74	Nx	0.057	[N/mmq]	6	MAX
3395	-1.58	1.92		-0.054		6	MIN
3395	-1.58	1.92	Ny	0.069	[N/mmq]	2	MAX
3157	-1.74	-1.74		-0.071		2	MIN
2708	0.10	2.54	Nxy	0.051	[N/mmq]	6	MAX
3642	-2.54	0.10		-0.064		2	MIN

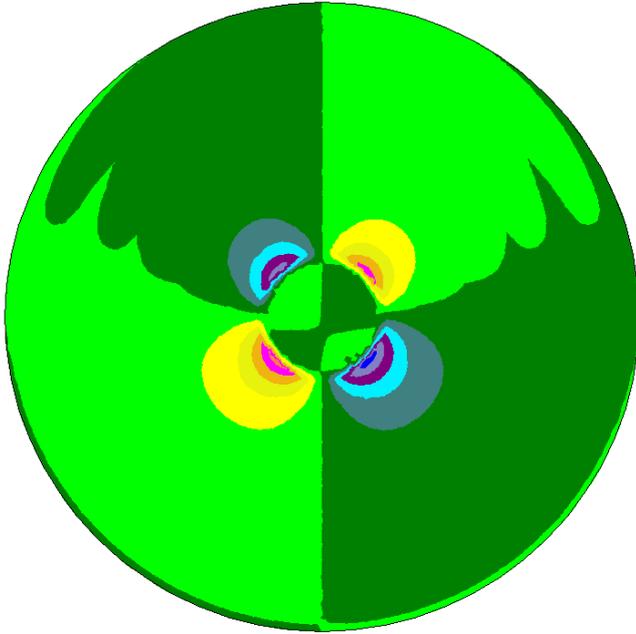
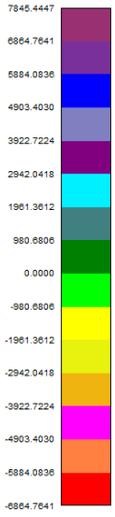
Momenti M_x



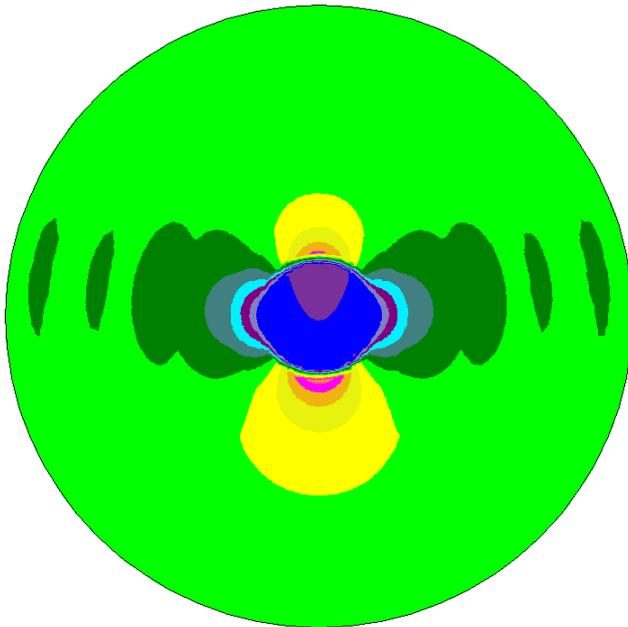
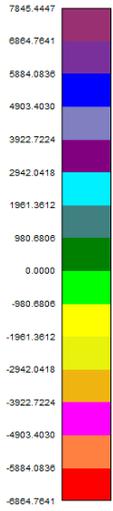
Momenti M_y



Taglio T_x



Taglio T_y



Verifica al ribaltamento (SLU EQU)

$$M_{\text{rib}} = 232567 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = 1037 \text{ m}^3 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 12.5\text{m} \cdot 0.9 + 6725 \text{ kN} \cdot 12.5\text{m} \cdot 0.9 = 467313 \text{ kNm}$$

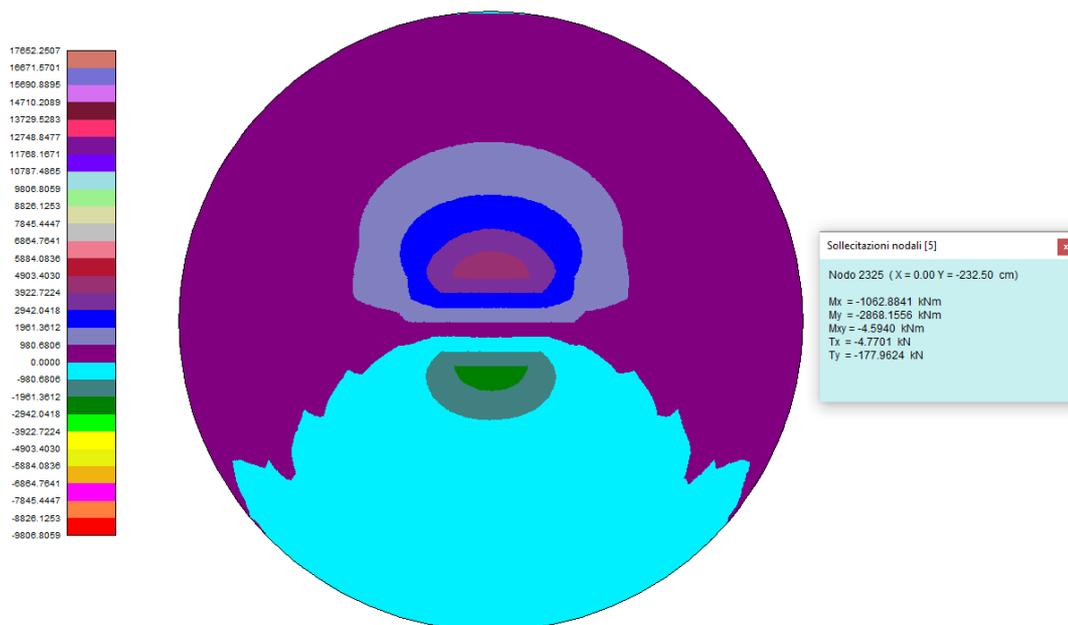
In cui il momento stabilizzante è dato dal peso totale della fondazione, moltiplicato per il coefficiente 0.9 e per il braccio di leva 12.5m, ed il valore dell'azione verticale della combinazione ribaltante *non fattorizzata*, mentre il momento ribaltante è dato dal momento ribaltante *fattorizzato*

$$M_{\text{stab}} / M_{\text{rib}} = 1.579$$

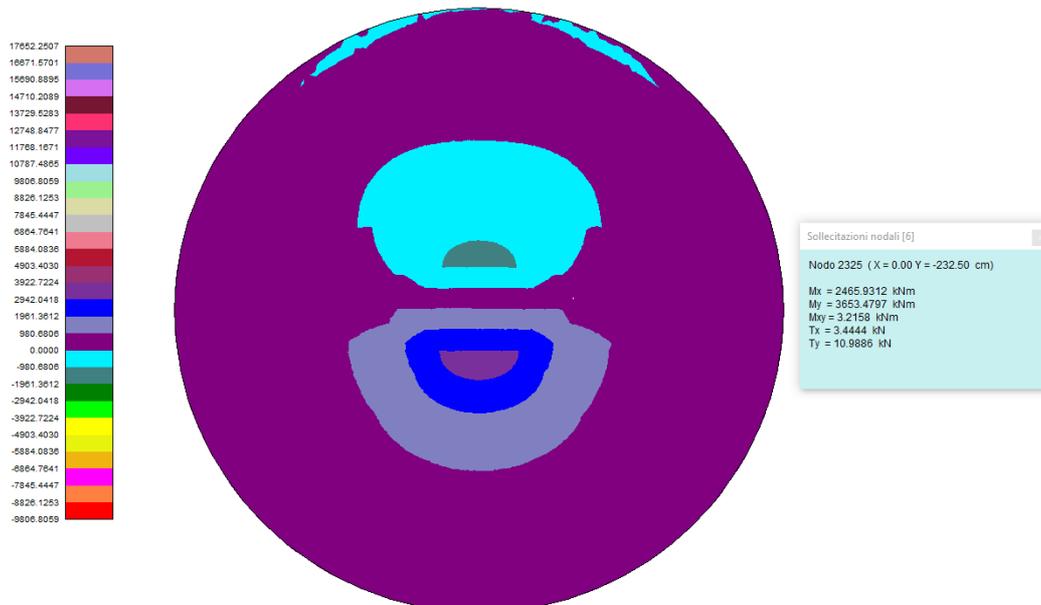
Verifica soddisfatta

Verifica delle escursioni tensionali

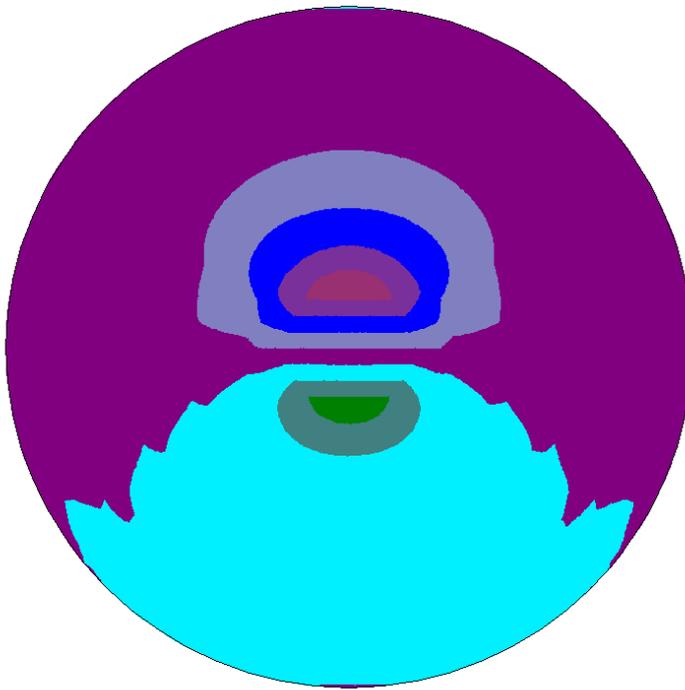
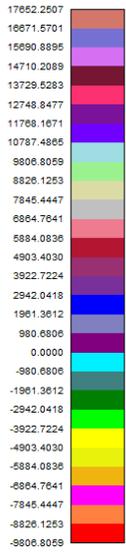
Sollecitazioni da carico medio, punto di coordinate (0;-232.5)



Sollecitazioni per range m=7, punto di coordinate (0;-232.5)



Sollecitazioni da carico medio, punto di coordinate (0;+232.5)

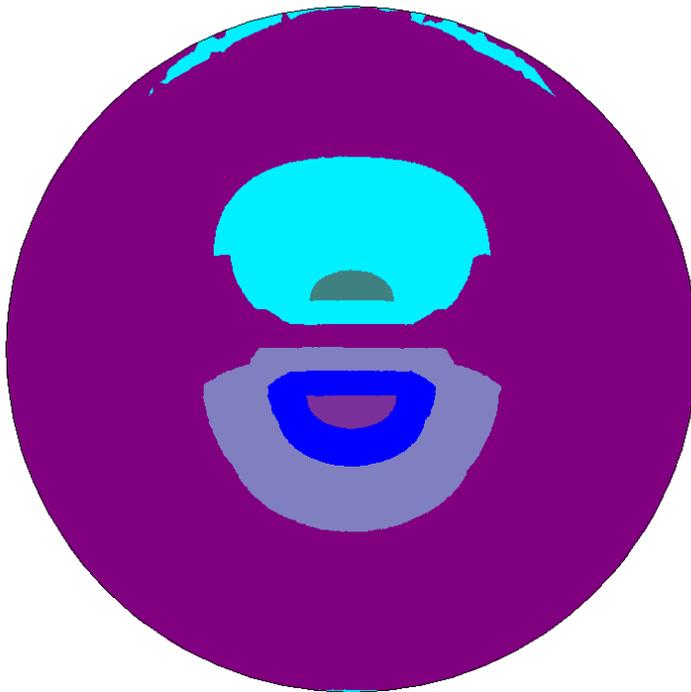


Sollecitazioni nodali [5]

Nodo 2767 (X = 0.00 Y = 232.50 cm)

Mx = 3122.7359 kNm
My = 4866.3633 kNm
Mxy = 4.9246 kNm
Tx = -5.6700 kN
Ty = -46.7342 kN

Sollecitazioni per range m=7, punto di coordinate (0;+232.5)



Sollecitazioni nodali [6]

Nodo 2767 (X = 0.00 Y = 232.50 cm)

Mx = -407.1546 kNm
My = -1655.6415 kNm
Mxy = -3.2987 kNm
Tx = 3.6253 kN
Ty = 143.1882 kN

10.0 Risultati fondazione di tipo 3

Si riportano ora i risultati per la fondazione di tipo 3. La fondazione di tipo 3 è una variazione della tipologia 2: nello specifico, la differenza consiste nella presenza di 12 pali aventi $D=100$ cm e lunghezza $L=20$ m, mentre la geometria della platea rimane invariata.

Dati generali della fondazione:

Diametro: 25 m

Altezza al bordo: 0.5 m

Altezza massima del colletto: 4.25 m

Spessore colletto: 0.25 m

Diametro colletto: 7.1 m

Volume della fondazione: Vedi §8.0 : 1037m^3 (+ 188.496 m^3 di pali)

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descrizione	Descrizione materiale
TC	Tipo calcestruzzo
Rck	Resistenza cubica caratteristica, espresso in [N/mm ²]
g _{cs}	Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kN/mc]
E	Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [N/mm ²]
n	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogeneizzazione
TA	Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [N/mm ²]	g _{cs} [kN/mc]	E [N/mm ²]	n	n	TA
1	C50/60	C50/60	60.000	24.52	37239.106	0.200	15.00	B450C
2	C25/30	C25/30	30.000	24.52	31447.048	0.200	15.00	B450C

Geometria

Coordinate contorno esterno

n°	X [m]	Y [m]									
1	12.50	0.00	2	12.44	1.23	3	12.26	2.44	4	11.96	3.63
5	11.55	4.78	6	11.02	5.89	7	10.39	6.94	8	9.66	7.93
9	8.84	8.84	10	7.93	9.66	11	6.94	10.39	12	5.89	11.02
13	4.78	11.55	14	3.63	11.96	15	2.44	12.26	16	1.23	12.44
17	0.00	12.50	18	-1.23	12.44	19	-2.44	12.26	20	-3.63	11.96
21	-4.78	11.55	22	-5.89	11.02	23	-6.94	10.39	24	-7.93	9.66
25	-8.84	8.84	26	-9.66	7.93	27	-10.39	6.94	28	-11.02	5.89
29	-11.55	4.78	30	-11.96	3.63	31	-12.26	2.44	32	-12.44	1.23
33	-12.50	0.00	34	-12.44	-1.23	35	-12.26	-2.44	36	-11.96	-3.63
37	-11.55	-4.78	38	-11.02	-5.89	39	-10.39	-6.94	40	-9.66	-7.93
41	-8.84	-8.84	42	-7.93	-9.66	43	-6.94	-10.39	44	-5.89	-11.02
45	-4.78	-11.55	46	-3.63	-11.96	47	-2.44	-12.26	48	-1.23	-12.44
49	0.00	-12.50	50	1.23	-12.44	51	2.44	-12.26	52	3.63	-11.96
53	4.78	-11.55	54	5.89	-11.02	55	6.94	-10.39	56	7.93	-9.66
57	8.84	-8.84	58	9.66	-7.93	59	10.39	-6.94	60	11.02	-5.89
61	11.55	-4.78	62	11.96	-3.63	63	12.26	-2.44	64	12.44	-1.23

Spessori piastra

Simbologia adottata

Sp	Spessore, espresso in [cm]
n°	Indice del punto
X, Y	Ascissa e ordinata del punto, espresso in [cm]

Sp [cm]	n°	X [m]	Y [m]									
94.00	1	-12.50	-12.50	2	12.50	-12.50	3	12.50	12.50	4	-12.50	12.50
181.00	1	-1.01	-10.23	2	1.01	-10.23	3	2.98	-9.84	4	4.85	-9.07
	5	6.52	-7.95	6	7.95	-6.52	7	9.07	-4.85	8	9.84	-2.98
	9	10.23	-1.01	10	10.23	1.01	11	9.84	2.98	12	9.07	4.85
	13	7.95	6.52	14	6.52	7.95	15	4.85	9.07	16	2.98	9.84
	17	1.01	10.23	18	-1.01	10.23	19	-2.98	9.84	20	-4.85	9.07
	21	-6.52	7.95	22	-7.95	6.52	23	-9.07	4.85	24	-9.84	2.98
	25	-10.23	1.01	26	-10.23	-1.01	27	-9.84	-2.98	28	-9.07	-4.85
	29	-7.95	-6.52	30	-6.52	-7.95	31	-4.85	-9.07	32	-2.98	-9.84
269.00	1	-0.79	-8.00	2	0.79	-8.00	3	2.33	-7.69	4	3.79	-7.09
	5	5.10	-6.21	6	6.21	-5.10	7	7.09	-3.79	8	7.69	-2.33
	9	8.00	-0.79	10	8.00	0.79	11	7.69	2.33	12	7.09	3.79
	13	6.21	5.10	14	5.10	6.21	15	3.79	7.09	16	2.33	7.69
	17	0.79	8.00	18	-0.79	8.00	19	-2.33	7.69	20	-3.79	7.09
	21	-5.10	6.21	22	-6.21	5.10	23	-7.09	3.79	24	-7.69	2.33
	25	-8.00	0.79	26	-8.00	-0.79	27	-7.69	-2.33	28	-7.09	-3.79
	29	-6.21	-5.10	30	-5.10	-6.21	31	-3.79	-7.09	32	-2.33	-7.69
356.00	1	-0.57	-5.77	2	0.57	-5.77	3	1.68	-5.55	4	2.73	-5.11
	5	3.68	-4.48	6	4.48	-3.68	7	5.11	-2.73	8	5.55	-1.68
	9	5.77	-0.57	10	5.77	0.57	11	5.55	1.68	12	5.11	2.73
	13	4.48	3.68	14	3.68	4.48	15	2.73	5.11	16	1.68	5.55
	17	0.57	5.77	18	-0.57	5.77	19	-1.68	5.55	20	-2.73	5.11
	21	-3.68	4.48	22	-4.48	3.68	23	-5.11	2.73	24	-5.55	1.68
	25	-5.77	0.57	26	-5.77	-0.57	27	-5.55	-1.68	28	-5.11	-2.73
	29	-4.48	-3.68	30	-3.68	-4.48	31	-2.73	-5.11	32	-1.68	-5.55
425.00	1	-0.35	-3.54	2	0.35	-3.54	3	1.03	-3.40	4	1.68	-3.14
	5	2.26	-2.75	6	2.75	-2.26	7	3.14	-1.68	8	3.40	-1.03
	9	3.54	-0.35	10	3.54	0.35	11	3.40	1.03	12	3.14	1.68
	13	2.75	2.26	14	2.26	2.75	15	1.68	3.14	16	1.03	3.40
	17	0.35	3.54	18	-0.35	3.54	19	-1.03	3.40	20	-1.68	3.14
	21	-2.26	2.75	22	-2.75	2.26	23	-3.14	1.68	24	-3.40	1.03
	25	-3.54	0.35	26	-3.54	-0.35	27	-3.40	-1.03	28	-3.14	-1.68
	29	-2.75	-2.26	30	-2.26	-2.75	31	-1.68	-3.14	32	-1.03	-3.40

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia
Descrizione	Descrizione tipologia
Geometria	Geometria tipologia (Pali in c.a o Pali in acciaio)
Armatura	Tipologia armatura per pali in c.a.
Portanza	Aliquote contributi portanza (solo Punta, solo Laterale, Entrambe)
Vincolo	Grado di vincolo alla testa del palo (Incastro o Cerniera)
TC	Tipologia costruttiva del palo (Trivellato o Infisso)
Mat	Indice materiale tipologia palo

n°	Descrizione	Geometria	Armatura	Portanza	Vincolo	TC	Mat	Pt [N/mm ²]
1	Pali trivellati in c.a.	Pali circolari in c.a.	Ferri longitudinali + staffe	Entrambe	Incastro	Trivellato	2	0.000

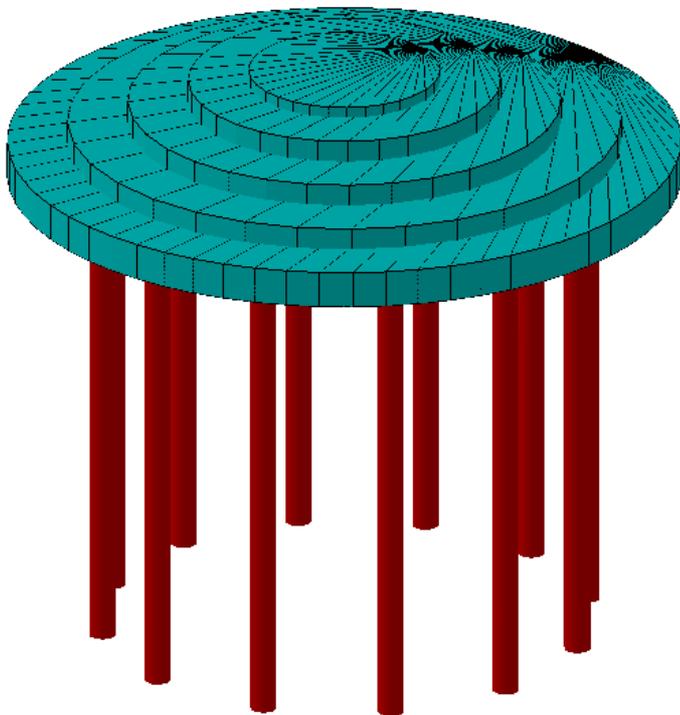
Caratteristiche pali

Simbologia adottata

n°	Indice palo
X	Ascissa palo, espressa in [m]
Y	Ordinata palo, espressa in [m]
d	Diametro palo, espresso in [cm]
l	Lunghezza palo, espressa in [m]
nodo	Indice nodo su cui è posizionato il palo
It	Indice tipologia palo

n°	X [m]	Y [m]	D [cm]	L [m]	Nodo	It
1	9.14	0.00	100.00	20.00	182	1
2	7.92	4.57	100.00	20.00	1105	1
3	4.57	7.92	100.00	20.00	2522	1
4	0.00	9.14	100.00	20.00	3876	1
5	-4.57	7.92	100.00	20.00	4796	1
6	-7.92	4.57	100.00	20.00	5388	1
7	-9.14	0.00	100.00	20.00	5548	1
8	-7.92	-4.57	100.00	20.00	4966	1
9	-4.57	-7.92	100.00	20.00	4097	1
10	0.00	-9.14	100.00	20.00	2850	1
11	4.57	-7.92	100.00	20.00	1467	1
12	7.92	-4.57	100.00	20.00	354	1

Si riporta di seguito il modello strutturale



Gli spessori assegnati nella modellazione sono desunti dalla sezione della tipologia 2, come precedentemente riportato

Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
g	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
g _{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
d	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [N/mm ^q]
ca	Adesione del terreno espressa in [N/mm ^q]
t _i	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [N/mm ^q]
a	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	g [kN/mc]	g _{sat} [kN/mc]	Parametri	f [°]	d [°]	c [N/mm ^q]	ca [N/mm ^q]	t _i [N/mm ^q]	a
PIROCLASTITI DEBOLMENTE SALDATE	20.000	21.000	Caratteristici	36.00	24.00	0.0000	0.0000	0.0000	1.00
			Minimi	36.00	24.00	0.0000	0.0000		
			Medi	36.00	24.00	0.0000	0.0000		

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato
Ks	Coefficiente di spinta
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm ² /cm]
a	Coeff. di sbulbatura

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno	Ks	Kw [Kg/cm ² /cm]	a
1	-2.0	-2.0	-2.0	PIROCLASTITI DEBOLMENTE SALDATE	0.300	4.770	1.000

Falda

Falda non presente

Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw [Kg/cm ² /cm]
Verticale	Kwv	4.770
Orizzontale	Kwo	Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan(f))

Convenzioni adottate

Carichi e reazioni vincolari

Fz	Carico verticale positivo verso il basso
Fx	Forza orizzontale in direzione X positiva nel verso delle X crescenti.
Fy	Forza orizzontale in direzione Y positiva nel verso delle Y crescenti.
Mx	Momento con asse vettore parallelo all'asse X positivo antiorario.
My	Momento con asse vettore parallelo all'asse Y positivo antiorario.

Sollecitazioni

Mx	Momento flettente X con asse vettore parallelo all'asse Y (positivo se tende le fibre inferiori).
My	Momento flettente Y con asse vettore parallelo all'asse X (positivo se tende le fibre inferiori).
Mxy	Momento flettente XY.

Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 7

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Ribaltante I	1.00

Combinazione n° 2 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Ribaltante NTC	1.00

Combinazione n° 3 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Massima pressione Z	1.00

Combinazione n° 4 - - SLE Quasi permanente

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
SLE	1.00

Combinazione n° 5 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Carico medio	1.00

Combinazione n° 6 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
R=7	1.00

Combinazione n° 7 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Ribaltante NTC	1.00

Impostazioni di analisi

Portanza fondazione superficiale

Metodo calcolo portanza: Hansen

Criterio di media calcolo strato equivalente: Ponderata

Riduzione portanza per effetto eccentricità: Meyerhof

Con interazione significativa esegui verifiche come Fondazione mista

Carichi verticali ed orizzontali

Portanza verticale pali

Metodo calcolo portanza: Berezantzev

Andamento pressione verticale con la profondità per calcolo portanza di punta:

Pressione geostatica

Andamento pressione verticale con la profondità per calcolo portanza laterale:

Pressione geostatica

Portanza trasversale pali

Costante di Winkler: da strato

Rottura palo-terreno:

Pressione limite pari alla pressione passiva con moltiplicatore pari a 3.00

Cedimenti

Metodo calcolo cedimenti: Elementi finiti

Spostamento limite attrito laterale 0.50 [cm]

Spostamento limite punta 1.00 [cm]

Fattore di rigidezza della sovrastruttura 0.00

Modello

Caratteristiche Mesh

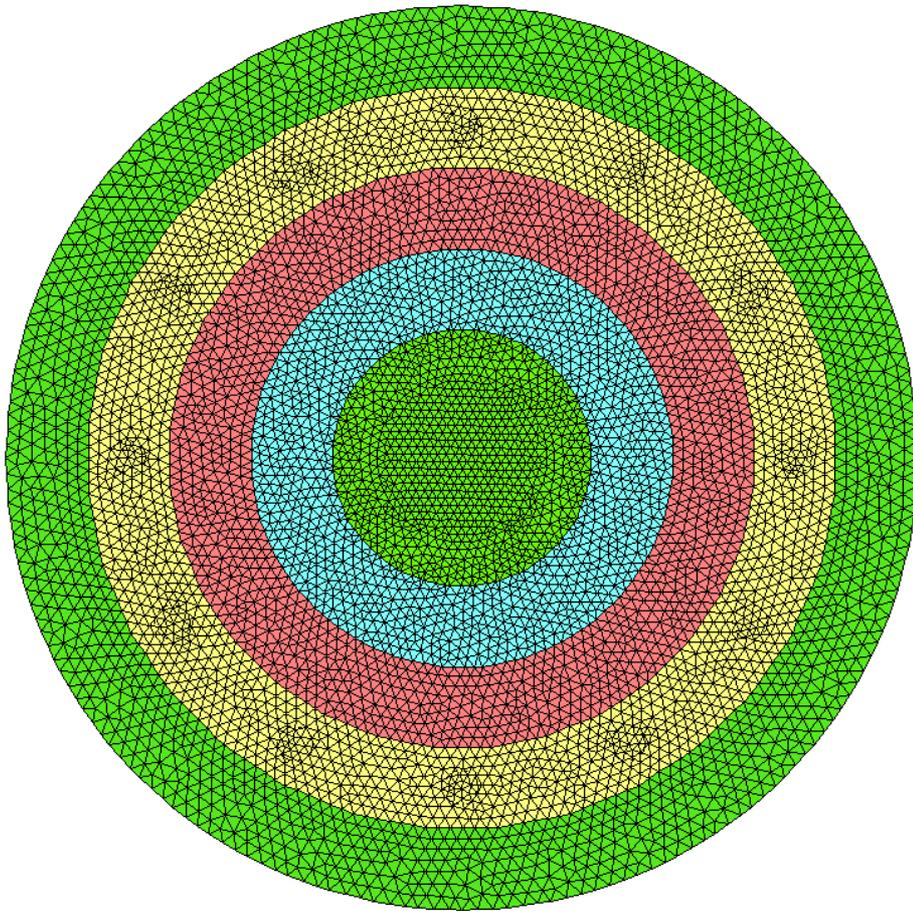
Numero elementi

11526

Numero nodi

5860

Tipo di mesh utilizzata: triangolare non strutturata, con deformabilità tagliante, con nodi in corrispondenza dei carichi concentrati



Risultati inviluppo

Spostamenti

Piastra

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
w	Spostamento verticale, espresso in [cm]
u	Spostamento direzione X, espresso in [cm]
v	Spostamento direzione Y, espresso in [cm]
fx	Rotazione intorno all'asse X, espressa in [°]
fy	Rotazione intorno all'asse Y, espressa in [°]
p	Pressione sul terreno (solo per calcolo fondazione), espressa in [N/mmq]
kw	Costante di Winkler (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm ² /cm]. Il valore viene stampato solo se si è utilizzato il modello di interazione

Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi

In	X [m]	Y [m]		Valore	UM	Cmb	
2492	-0.04	-6.87	w	0.311333	[cm]	2	MAX
4258	0.00	12.50		-0.186420		7	MIN
4258	0.00	12.50	ux	0.007427	[cm]	6	MAX
3054	0.00	-12.50		-0.007427		6	MIN
5848	-12.50	0.00	uy	0.017000	[cm]	2	MAX
180	12.50	0.00		-0.004506		6	MIN
5192	-8.99	-6.67	fx	0.000164	[°]	2	MAX
510	9.18	-6.87		-0.000164		2	MIN
2518	0.05	0.49	fy	0.000356	[°]	7	MAX
3066	-0.17	-12.15		-0.000122		2	MIN
2492	-0.04	-6.87	p	0.1456369	[N/mmq]	2	MAX
4779	-4.92	7.27		0.0000036		1	MIN

Pali

Simbologia adottata

In	Indice sezione
Y	ordinata palo espressa in [m]
Ur	spostamento limite espresso in [cm]
Pr	pressione limite espressa in [N/mmq]
Ue	spostamento in esercizio espresso in [cm]
Pe	pressione in esercizio espressa in [N/mmq]

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ue [cm]	Ur [cm]	Pe [N/mmq]	Pr [N/mmq]
1	0.00	0.0092 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0069 (2)	0.1730 (1)	0.0032 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0036 (2)	0.0891 (1)	0.0017 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0012 (2)	0.0293 (1)	0.0005 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0004 (2)	-0.0093 (1)	-0.0002 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0003 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0002 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0000 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ue [cm]	Ur [cm]	Pe [N/mmq]	Pr [N/mmq]
1	0.00	0.0100 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0075 (2)	0.1730 (1)	0.0035 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0039 (2)	0.0891 (1)	0.0018 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0013 (2)	0.0293 (1)	0.0006 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0004 (2)	-0.0093 (1)	-0.0002 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0004 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0002 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0000 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ue [cm]	Ur [cm]	Pe [N/mmq]	Pr [N/mmq]
1	0.00	0.0117 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0088 (2)	0.1730 (1)	0.0041 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0045 (2)	0.0891 (1)	0.0021 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0015 (2)	0.0293 (1)	0.0007 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0005 (2)	-0.0093 (1)	-0.0002 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0004 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0003 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0001 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 4

n°	Y [m]	Ue [cm]	Ur [cm]	Pe [N/mmq]	Pr [N/mmq]
1	0.00	0.0135 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)

n°	Y [m]	Ue [cm]	Ur [cm]	Pe [N/mm ²]	Pr [N/mm ²]
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0001 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 11

n°	Y [m]	Ue [cm]	Ur [cm]	Pe [N/mm ²]	Pr [N/mm ²]
1	0.00	0.0117 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0088 (2)	0.1730 (1)	0.0041 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0045 (2)	0.0891 (1)	0.0021 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0015 (2)	0.0293 (1)	0.0007 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0005 (2)	-0.0093 (1)	-0.0002 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0004 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0003 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0001 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 12

n°	Y [m]	Ue [cm]	Ur [cm]	Pe [N/mm ²]	Pr [N/mm ²]
1	0.00	0.0100 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0075 (2)	0.1730 (1)	0.0035 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0039 (2)	0.0891 (1)	0.0018 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0013 (2)	0.0293 (1)	0.0006 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0004 (2)	-0.0093 (1)	-0.0002 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0004 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0002 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0000 (2)	0.0010 (1)

Sollecitazioni

Piastra

Sollecitazioni massime e minime piastra

Simbologia adottata

In	Indice nodo modello
Mx	Momento X espresso in [kNm]
My	Momento Y espresso in [kNm]
Mxy	Momento XY espresso in [kNm]
Tx	Taglio X, espresso in [kN]
Ty	Taglio Y, espresso in [kN]
Nx	Tensione normale X espressa in [N/mm ²]
Ny	Tensione normale Y espressa in [N/mm ²]
Nxy	Tensione tangenziale XY espressa in [N/mm ²]

In	X [m]	Y [m]		Valore	UM	Cmb	
2355	0.00	-2.33	Mx	9961.0890	[kNm]	2	MAX
2772	0.00	2.33		-4597.3307		7	MIN
2355	0.00	-2.33	My	16186.1071	[kNm]	2	MAX
2772	0.00	2.33		-9751.1504		7	MIN
1405	2.80	0.06	Mxy	3246.8099	[kNm]	7	MAX
3789	-2.80	-0.06		-3237.1800		7	MIN
2847	-0.13	2.11	Tx	6949.1304	[kN]	2	MAX
3200	-1.74	-1.74		-6491.7468		2	MIN
2735	0.11	2.10	Ty	6949.1947	[kN]	2	MAX
3100	-1.63	-1.94		-6491.7468		2	MIN
3200	-1.74	-1.74	Nx	0.056	[N/mm ²]	6	MAX
3448	-1.58	1.92		-0.054		6	MIN
3448	-1.58	1.92	Ny	0.068	[N/mm ²]	2	MAX
3200	-1.74	-1.74		-0.070		2	MIN
2704	0.10	2.54	Nxy	0.050	[N/mm ²]	6	MAX
3706	-2.54	0.10		-0.064		2	MIN

Pali

Simbologia adottata

n°	Identificativo sezione
Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso, espressa in [m]
Nr	sfuerzo normale a rottura, espresso in [kN]
Ne	sfuerzo normale in esercizio, espresso in [kN]
Tr	taglio a rottura, espresso in [kN]
Te	taglio in esercizio, espresso in [kN]
Mr	momento a rottura, espresso in [kNm]
Me	momento in esercizio, espresso in [kNm]

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	1050.67 (3)	18279.27 (1)	13.88 (2)	331.44 (1)	24.08 (2)	596.76 (1)
11	2.00	1087.73 (3)	18258.96 (1)	6.20 (2)	154.64 (1)	3.62 (2)	89.94 (1)
21	4.00	1121.89 (3)	18201.72 (1)	1.47 (2)	36.72 (1)	-4.01 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	1153.15 (3)	18107.56 (1)	-0.53 (2)	-13.37 (1)	-4.79 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	1181.51 (3)	17976.47 (1)	-0.94 (2)	-23.48 (1)	-3.18 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	1206.97 (3)	17808.45 (1)	-0.70 (2)	-17.47 (1)	-1.47 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	1229.53 (3)	17603.51 (1)	-0.35 (2)	-8.77 (1)	-0.39 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	1249.19 (3)	17361.65 (1)	-0.10 (2)	-2.52 (1)	0.07 (2)	1.68 (1)
81	16.00	1265.94 (3)	17082.85 (1)	0.02 (2)	0.55 (1)	0.14 (2)	3.48 (1)
91	18.00	1279.80 (3)	16767.13 (1)	0.05 (2)	1.16 (1)	0.06 (2)	1.48 (1)

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
101	20.00	1290.76 (3)	16451.41 (1)	0.00 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	1033.22 (5)	18279.27 (1)	15.03 (2)	331.44 (1)	26.07 (2)	596.76 (1)
11	2.00	1070.30 (5)	18258.96 (1)	6.72 (2)	154.64 (1)	3.92 (2)	89.94 (1)
21	4.00	1104.51 (5)	18201.72 (1)	1.60 (2)	36.72 (1)	-4.35 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	1135.86 (5)	18107.56 (1)	-0.58 (2)	-13.37 (1)	-5.19 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	1164.34 (5)	17976.47 (1)	-1.02 (2)	-23.48 (1)	-3.45 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	1189.96 (5)	17808.45 (1)	-0.76 (2)	-17.47 (1)	-1.59 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	1212.71 (5)	17603.51 (1)	-0.38 (2)	-8.77 (1)	-0.42 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	1232.60 (5)	17361.65 (1)	-0.11 (2)	-2.52 (1)	0.07 (2)	1.68 (1)
81	16.00	1249.62 (5)	17082.85 (1)	0.02 (2)	0.55 (1)	0.15 (2)	3.48 (1)
91	18.00	1263.78 (5)	16767.13 (1)	0.05 (2)	1.16 (1)	0.06 (2)	1.48 (1)
101	20.00	1275.07 (5)	16451.41 (1)	0.00 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	1185.81 (5)	18279.27 (1)	17.65 (2)	331.44 (1)	30.61 (2)	596.76 (1)
11	2.00	1222.74 (5)	18258.96 (1)	7.89 (2)	154.64 (1)	4.60 (2)	89.94 (1)
21	4.00	1256.49 (5)	18201.72 (1)	1.87 (2)	36.72 (1)	-5.10 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	1287.07 (5)	18107.56 (1)	-0.68 (2)	-13.37 (1)	-6.09 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	1314.47 (5)	17976.47 (1)	-1.20 (2)	-23.48 (1)	-4.05 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	1338.70 (5)	17808.45 (1)	-0.89 (2)	-17.47 (1)	-1.87 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	1359.76 (5)	17603.51 (1)	-0.45 (2)	-8.77 (1)	-0.49 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	1377.64 (5)	17361.65 (1)	-0.13 (2)	-2.52 (1)	0.09 (2)	1.68 (1)
81	16.00	1392.35 (5)	17082.85 (1)	0.03 (2)	0.55 (1)	0.18 (2)	3.48 (1)
91	18.00	1403.89 (5)	16767.13 (1)	0.06 (2)	1.16 (1)	0.08 (2)	1.48 (1)
101	20.00	1412.25 (5)	16451.41 (1)	0.01 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

Palo n° 4

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	1242.15 (5)	18279.27 (1)	20.41 (2)	331.44 (1)	35.41 (2)	596.76 (1)
11	2.00	1264.39 (5)	18258.96 (1)	9.12 (2)	154.64 (1)	5.32 (2)	89.94 (1)
21	4.00	1254.08 (5)	18201.72 (1)	2.17 (2)	36.72 (1)	-5.90 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	1211.23 (5)	18107.56 (1)	-0.79 (2)	-13.37 (1)	-7.05 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	1135.83 (5)	17976.47 (1)	-1.38 (2)	-23.48 (1)	-4.68 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	1027.89 (5)	17808.45 (1)	-1.03 (2)	-17.47 (1)	-2.16 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	887.40 (5)	17603.51 (1)	-0.52 (2)	-8.77 (1)	-0.57 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	714.37 (5)	17361.65 (1)	-0.15 (2)	-2.52 (1)	0.10 (2)	1.68 (1)
81	16.00	508.79 (5)	17082.85 (1)	0.03 (2)	0.55 (1)	0.20 (2)	3.48 (1)
91	18.00	270.67 (5)	16767.13 (1)	0.07 (2)	1.16 (1)	0.09 (2)	1.48 (1)
101	20.00	198.64 (1)	16451.41 (1)	0.01 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

Palo n° 5

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	1186.43 (5)	18279.27 (1)	22.54 (2)	331.44 (1)	39.10 (2)	596.76 (1)
11	2.00	1223.35 (5)	18258.96 (1)	10.07 (2)	154.64 (1)	5.87 (2)	89.94 (1)
21	4.00	1257.10 (5)	18201.72 (1)	2.39 (2)	36.72 (1)	-6.52 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	1287.67 (5)	18107.56 (1)	-0.87 (2)	-13.37 (1)	-7.78 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	1315.07 (5)	17976.47 (1)	-1.53 (2)	-23.48 (1)	-5.17 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	1339.30 (5)	17808.45 (1)	-1.14 (2)	-17.47 (1)	-2.39 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	1360.35 (5)	17603.51 (1)	-0.57 (2)	-8.77 (1)	-0.63 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	1378.23 (5)	17361.65 (1)	-0.16 (2)	-2.52 (1)	0.11 (2)	1.68 (1)
81	16.00	1392.93 (5)	17082.85 (1)	0.04 (2)	0.55 (1)	0.23 (2)	3.48 (1)
91	18.00	1404.45 (5)	16767.13 (1)	0.08 (2)	1.16 (1)	0.10 (2)	1.48 (1)
101	20.00	1412.80 (5)	16451.41 (1)	0.01 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

Palo n° 6

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	1032.69 (5)	18279.27 (1)	23.79 (2)	331.44 (1)	41.28 (2)	596.76 (1)
11	2.00	1069.76 (5)	18258.96 (1)	10.63 (2)	154.64 (1)	6.20 (2)	89.94 (1)
21	4.00	1103.98 (5)	18201.72 (1)	2.53 (2)	36.72 (1)	-6.88 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	1135.33 (5)	18107.56 (1)	-0.92 (2)	-13.37 (1)	-8.22 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	1163.82 (5)	17976.47 (1)	-1.61 (2)	-23.48 (1)	-5.46 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	1189.44 (5)	17808.45 (1)	-1.20 (2)	-17.47 (1)	-2.52 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	1212.20 (5)	17603.51 (1)	-0.60 (2)	-8.77 (1)	-0.67 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	1232.09 (5)	17361.65 (1)	-0.17 (2)	-2.52 (1)	0.11 (2)	1.68 (1)
81	16.00	1249.12 (5)	17082.85 (1)	0.04 (2)	0.55 (1)	0.24 (2)	3.48 (1)
91	18.00	1263.29 (5)	16767.13 (1)	0.08 (2)	1.16 (1)	0.10 (2)	1.48 (1)
101	20.00	1274.59 (5)	16451.41 (1)	0.01 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

Palo n° 7

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	1050.67 (3)	18279.27 (1)	24.20 (2)	331.44 (1)	41.98 (2)	596.76 (1)
11	2.00	1087.73 (3)	18258.96 (1)	10.81 (2)	154.64 (1)	6.30 (2)	89.94 (1)
21	4.00	1121.89 (3)	18201.72 (1)	2.57 (2)	36.72 (1)	-7.00 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	1153.15 (3)	18107.56 (1)	-0.93 (2)	-13.37 (1)	-8.36 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	1181.51 (3)	17976.47 (1)	-1.64 (2)	-23.48 (1)	-5.55 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	1206.97 (3)	17808.45 (1)	-1.22 (2)	-17.47 (1)	-2.56 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	1229.53 (3)	17603.51 (1)	-0.61 (2)	-8.77 (1)	-0.68 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	1249.18 (3)	17361.65 (1)	-0.18 (2)	-2.52 (1)	0.12 (2)	1.68 (1)
81	16.00	1265.94 (3)	17082.85 (1)	0.04 (2)	0.55 (1)	0.24 (2)	3.48 (1)
91	18.00	1279.80 (3)	16767.13 (1)	0.08 (2)	1.16 (1)	0.10 (2)	1.48 (1)
101	20.00	1290.76 (3)	16451.41 (1)	0.01 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

Palo n° 8

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	1779.17 (2)	18279.27 (1)	23.79 (2)	331.44 (1)	41.28 (2)	596.76 (1)

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
11	2.00	1815.50 (2)	18258.96 (1)	10.63 (2)	154.64 (1)	6.20 (2)	89.94 (1)
21	4.00	1847.45 (2)	18201.72 (1)	2.53 (2)	36.72 (1)	-6.88 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	1875.03 (2)	18107.56 (1)	-0.92 (2)	-13.37 (1)	-8.22 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	1898.24 (2)	17976.47 (1)	-1.61 (2)	-23.48 (1)	-5.46 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	1917.08 (2)	17808.45 (1)	-1.20 (2)	-17.47 (1)	-2.52 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	1931.54 (2)	17603.51 (1)	-0.60 (2)	-8.77 (1)	-0.67 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	1941.63 (2)	17361.65 (1)	-0.17 (2)	-2.52 (1)	0.11 (2)	1.68 (1)
81	16.00	1947.35 (2)	17082.85 (1)	0.04 (2)	0.55 (1)	0.24 (2)	3.48 (1)
91	18.00	1948.70 (2)	16767.13 (1)	0.08 (2)	1.16 (1)	0.10 (2)	1.48 (1)
101	20.00	1945.68 (2)	16451.41 (1)	0.01 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

Palo n° 9

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	2309.32 (2)	18279.27 (1)	22.53 (2)	331.44 (1)	39.10 (2)	596.76 (1)
11	2.00	2345.11 (2)	18258.96 (1)	10.07 (2)	154.64 (1)	5.87 (2)	89.94 (1)
21	4.00	2375.45 (2)	18201.72 (1)	2.39 (2)	36.72 (1)	-6.52 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	2400.36 (2)	18107.56 (1)	-0.87 (2)	-13.37 (1)	-7.78 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	2419.82 (2)	17976.47 (1)	-1.53 (2)	-23.48 (1)	-5.17 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	2433.84 (2)	17808.45 (1)	-1.14 (2)	-17.47 (1)	-2.38 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	2442.41 (2)	17603.51 (1)	-0.57 (2)	-8.77 (1)	-0.63 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	2445.54 (2)	17361.65 (1)	-0.16 (2)	-2.52 (1)	0.11 (2)	1.68 (1)
81	16.00	2443.23 (2)	17082.85 (1)	0.04 (2)	0.55 (1)	0.23 (2)	3.48 (1)
91	18.00	2435.47 (2)	16767.13 (1)	0.08 (2)	1.16 (1)	0.10 (2)	1.48 (1)
101	20.00	2422.28 (2)	16451.41 (1)	0.01 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

Palo n° 10

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	2502.95 (2)	18279.27 (1)	20.41 (2)	331.44 (1)	35.41 (2)	596.76 (1)
11	2.00	2538.54 (2)	18258.96 (1)	9.12 (2)	154.64 (1)	5.32 (2)	89.94 (1)
21	4.00	2568.30 (2)	18201.72 (1)	2.17 (2)	36.72 (1)	-5.90 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	2592.23 (2)	18107.56 (1)	-0.79 (2)	-13.37 (1)	-7.05 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	2610.32 (2)	17976.47 (1)	-1.38 (2)	-23.48 (1)	-4.68 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	2622.57 (2)	17808.45 (1)	-1.03 (2)	-17.47 (1)	-2.16 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	2629.00 (2)	17603.51 (1)	-0.52 (2)	-8.77 (1)	-0.57 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	2629.59 (2)	17361.65 (1)	-0.15 (2)	-2.52 (1)	0.10 (2)	1.68 (1)
81	16.00	2624.34 (2)	17082.85 (1)	0.03 (2)	0.55 (1)	0.20 (2)	3.48 (1)
91	18.00	2613.26 (2)	16767.13 (1)	0.07 (2)	1.16 (1)	0.09 (2)	1.48 (1)
101	20.00	2596.35 (2)	16451.41 (1)	0.01 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

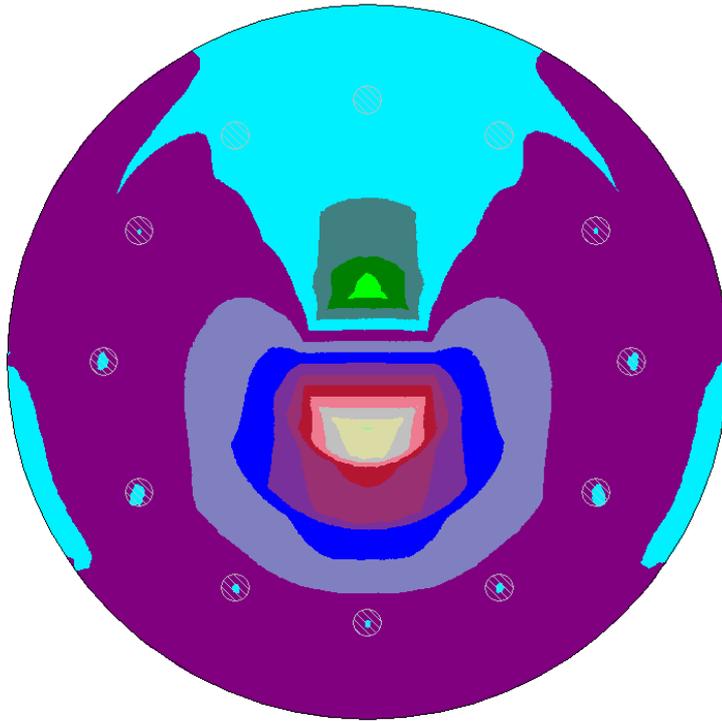
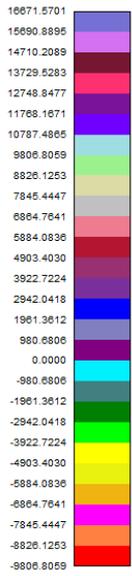
Palo n° 11

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	2310.51 (2)	18279.27 (1)	17.65 (2)	331.44 (1)	30.62 (2)	596.76 (1)
11	2.00	2346.30 (2)	18258.96 (1)	7.89 (2)	154.64 (1)	4.60 (2)	89.94 (1)
21	4.00	2376.64 (2)	18201.72 (1)	1.87 (2)	36.72 (1)	-5.10 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	2401.54 (2)	18107.56 (1)	-0.68 (2)	-13.37 (1)	-6.09 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	2420.99 (2)	17976.47 (1)	-1.20 (2)	-23.48 (1)	-4.05 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	2434.99 (2)	17808.45 (1)	-0.89 (2)	-17.47 (1)	-1.87 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	2443.56 (2)	17603.51 (1)	-0.45 (2)	-8.77 (1)	-0.49 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	2446.67 (2)	17361.65 (1)	-0.13 (2)	-2.52 (1)	0.09 (2)	1.68 (1)
81	16.00	2444.34 (2)	17082.85 (1)	0.03 (2)	0.55 (1)	0.18 (2)	3.48 (1)
91	18.00	2436.57 (2)	16767.13 (1)	0.06 (2)	1.16 (1)	0.08 (2)	1.48 (1)
101	20.00	2423.35 (2)	16451.41 (1)	0.01 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

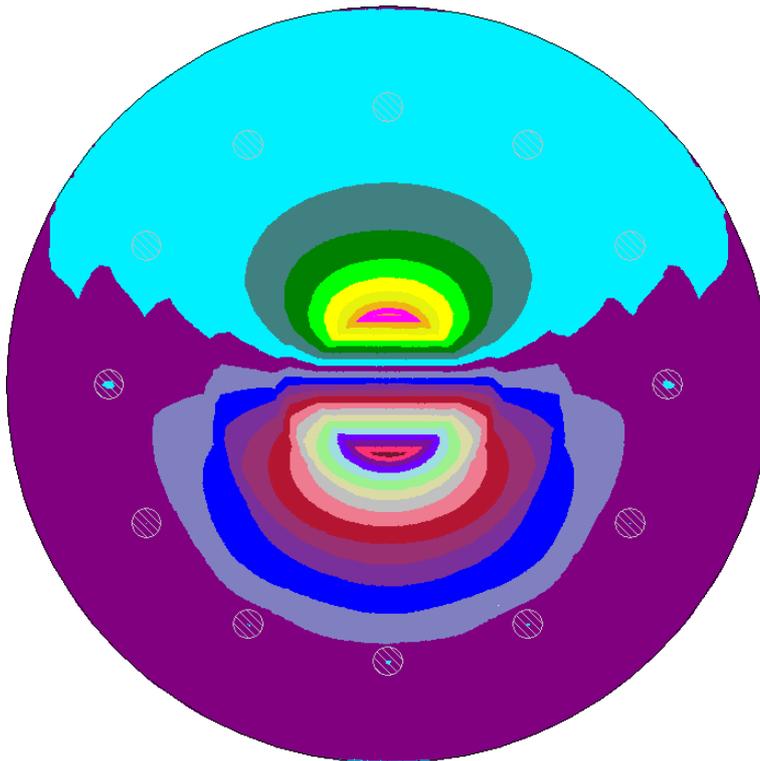
Palo n° 12

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	1778.25 (2)	18279.27 (1)	15.02 (2)	331.44 (1)	26.07 (2)	596.76 (1)
11	2.00	1814.58 (2)	18258.96 (1)	6.71 (2)	154.64 (1)	3.91 (2)	89.94 (1)
21	4.00	1846.53 (2)	18201.72 (1)	1.60 (2)	36.72 (1)	-4.34 (2)	-100.23 (1)
31	6.00	1874.12 (2)	18107.56 (1)	-0.58 (2)	-13.37 (1)	-5.19 (2)	-119.59 (1)
41	8.00	1897.34 (2)	17976.47 (1)	-1.02 (2)	-23.48 (1)	-3.45 (2)	-79.41 (1)
51	10.00	1916.18 (2)	17808.45 (1)	-0.76 (2)	-17.47 (1)	-1.59 (2)	-36.62 (1)
61	12.00	1930.66 (2)	17603.51 (1)	-0.38 (2)	-8.77 (1)	-0.42 (2)	-9.69 (1)
71	14.00	1940.76 (2)	17361.65 (1)	-0.11 (2)	-2.52 (1)	0.07 (2)	1.68 (1)
81	16.00	1946.49 (2)	17082.85 (1)	0.02 (2)	0.55 (1)	0.15 (2)	3.48 (1)
91	18.00	1947.86 (2)	16767.13 (1)	0.05 (2)	1.16 (1)	0.06 (2)	1.48 (1)
101	20.00	1944.85 (2)	16451.41 (1)	0.00 (2)	0.10 (1)	0.00 (0)	0.00 (1)

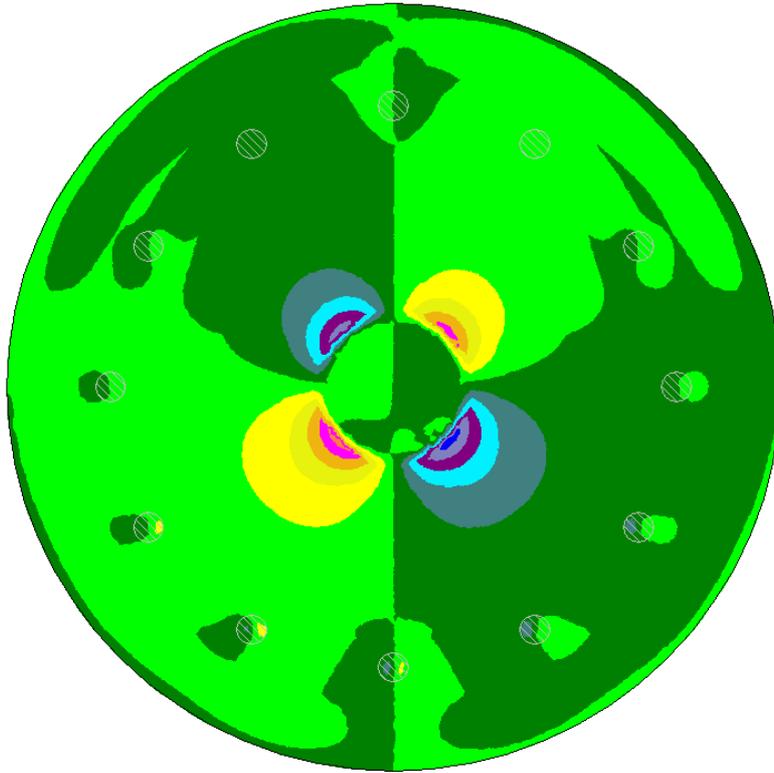
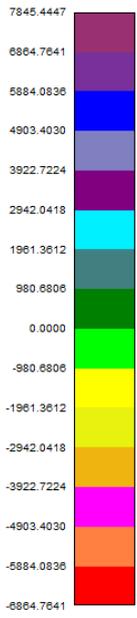
Momenti M_x



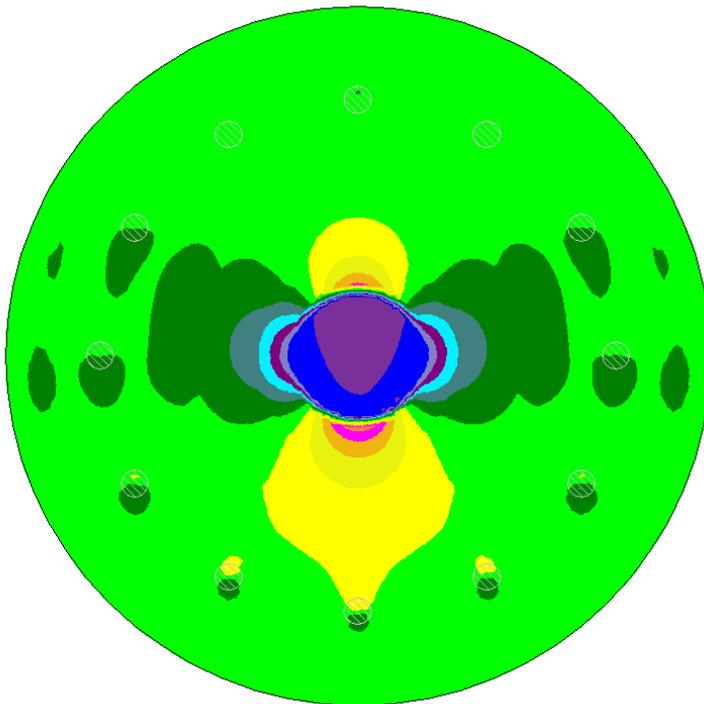
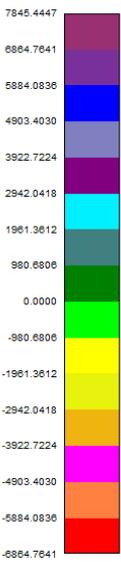
Momenti M_y



Taglio T_x

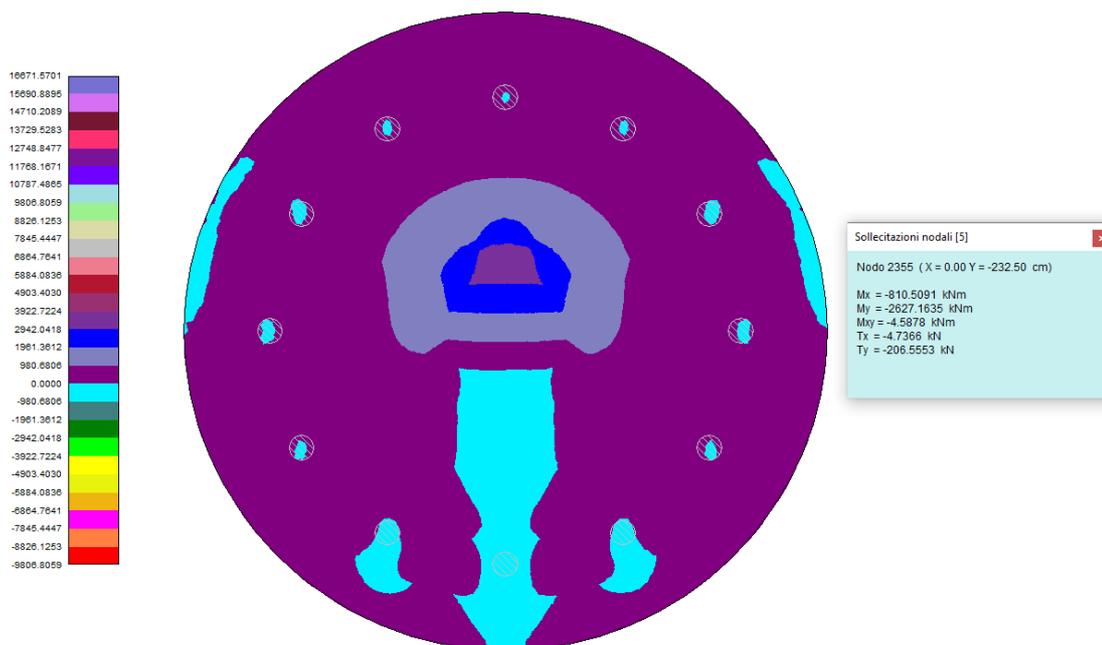


Taglio T_y

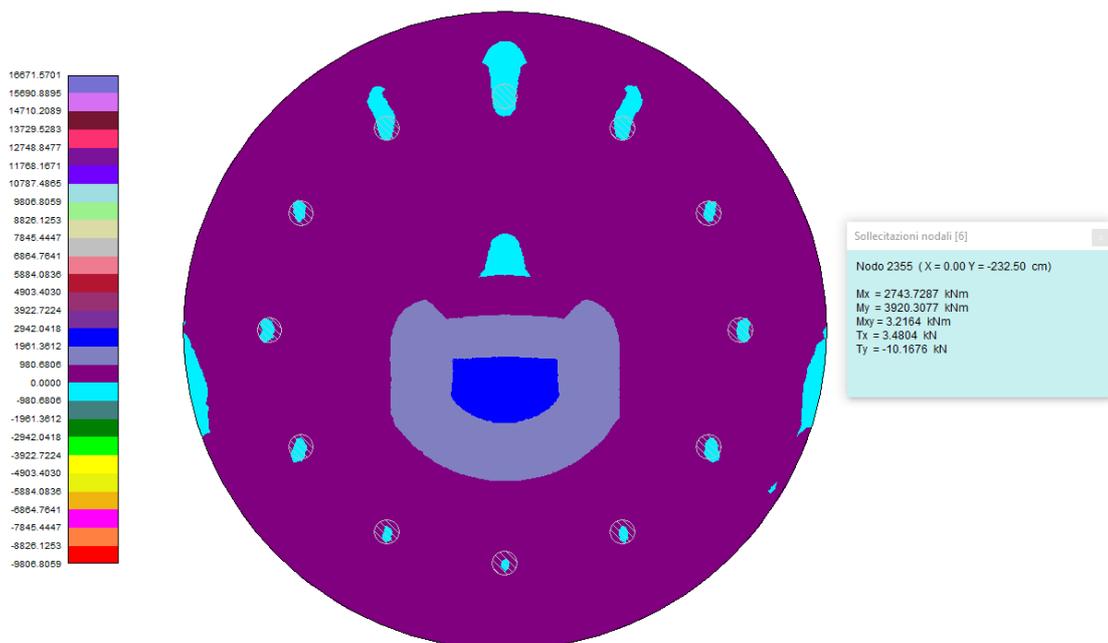


Verifica delle escursioni tensionali

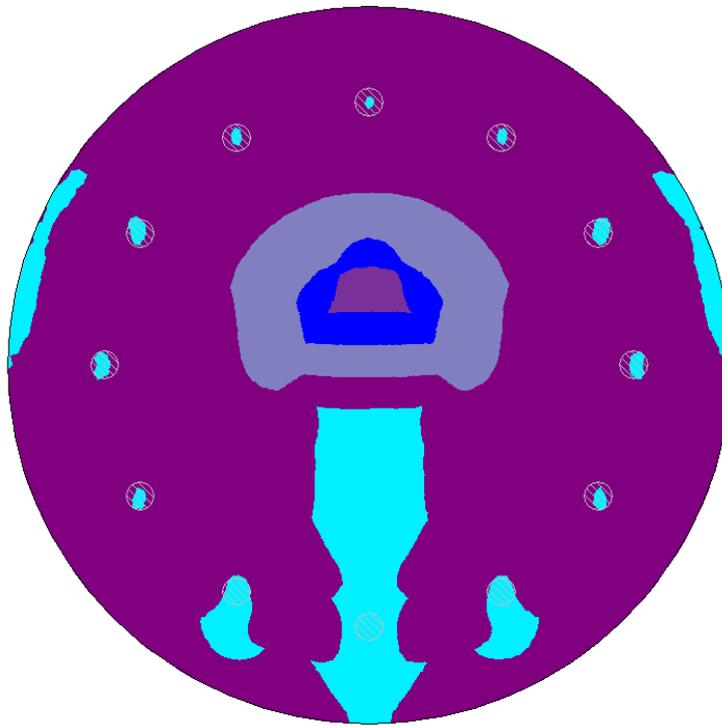
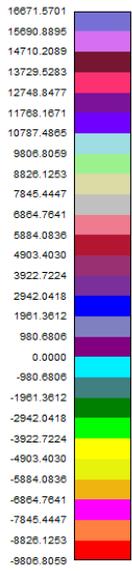
Sollecitazioni da carico medio, punto di coordinate (0;-232.5)



Sollecitazioni per range m=7, punto di coordinate (0;-232.5)



Sollecitazioni da carico medio, punto di coordinate (0;+232.5)

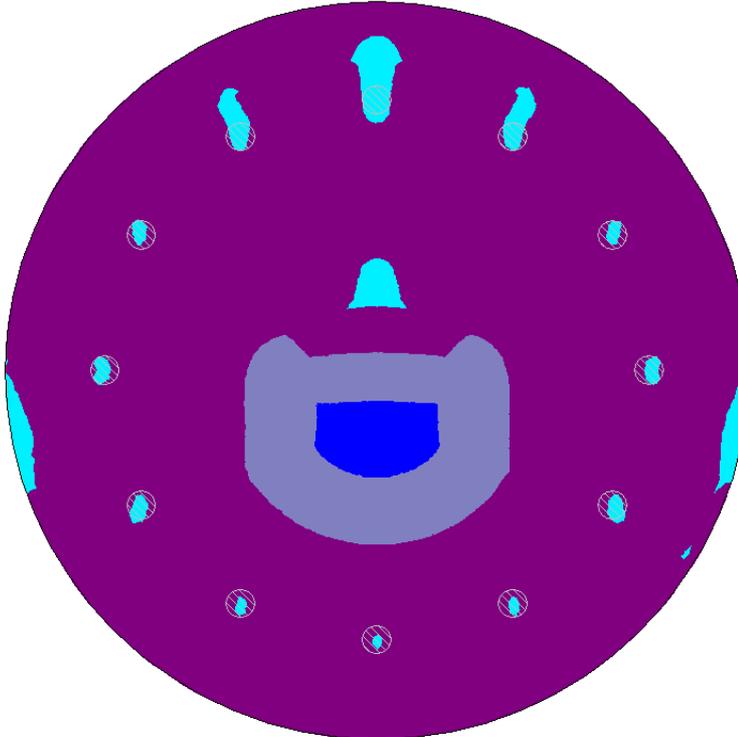


Sollecitazioni nodali [5]

Nodo 2772 (X = 0.00 Y = 232.50 cm)

Mx = 3404.7604 kNm
My = 5137.0664 kNm
Mxy = 4.9234 kNm
Tx = -5.7340 kN
Ty = -26.5029 kN

Sollecitazioni per range m=7, punto di coordinate (0;+232.5)



Sollecitazioni nodali [6]

Nodo 2772 (X = 0.00 Y = 232.50 cm)

Mx = -150.5465 kNm
My = -1410.7652 kNm
Mxy = -3.2896 kNm
Tx = 3.5721 kN
Ty = 170.8613 kN