



FINANZIAMENTO POR CAMPANIA FESR 2007-2013

COMUNE DI NAPOLI

GRANDE PROGETTO RIQUALIFICAZIONE URBANA, AREA PORTUALE DI NAPOLI EST



RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL SISTEMA FOGNARIO SAN GIOVANNI/VOLLA

"INTERVENTO PER IL RISANAMENTO IGIENICO SANITARIO DEL LITORALE DI SAN GIOVANNI A TEDUCCIO CON LA RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE DEL COLLETTORE DI VOLLA E PARTE DI RETE ADDUTTRICE- II LOTTO "

Progettista:

Ing. Fabio Mastellone di Castelvetere

Responsabile del Procedimento

Arch. Giuseppe Pulli

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO:

Relazione geotecnica

ALLEGATO:

D

SCALA:

-

DATA:

OTTOBRE 2013

REDAZIONE:

Ing. V. Neri

VERIFICA:

Ing. F. Mastellone

APPROVAZIONE:

Ing. F. Mastellone

EMESSO PER:

REV.:

-

INDICE.....	1
1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	3
1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	3
2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3 - INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	5
3.1 - Definizione del volume significativo di terreno interessato	5
3.2 - Prove effettuate	5
3.3 – Caratteristiche geologiche del luogo	5
3.4 - Idrogeologia	6
3.5 - Problematiche riscontrate.....	7
4 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO	8
4.1 - Caratterizzazione geotecnica.....	8
4.2 - Modellazione geotecnica.....	9
4.3 - Pericolosità sismica.....	9
5 - SCELTA TIPOLOGICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE.....	10
6 - MODALITA' COSTRUTTIVE.....	10
6.1 – Trave rovescia per corpo uffici.....	11
6.2 – Paratie di e travi su pali	11
6.3 – Fondazione a Platea.....	11
7 - VERIFICHE DI SICUREZZA	12
7.1 - Carico limite fondazioni dirette	12
7.2 Fattori correttivi al carico limite in presenza di sisma	17
7.3 – Carico limite per fondazioni indirette su pali	19

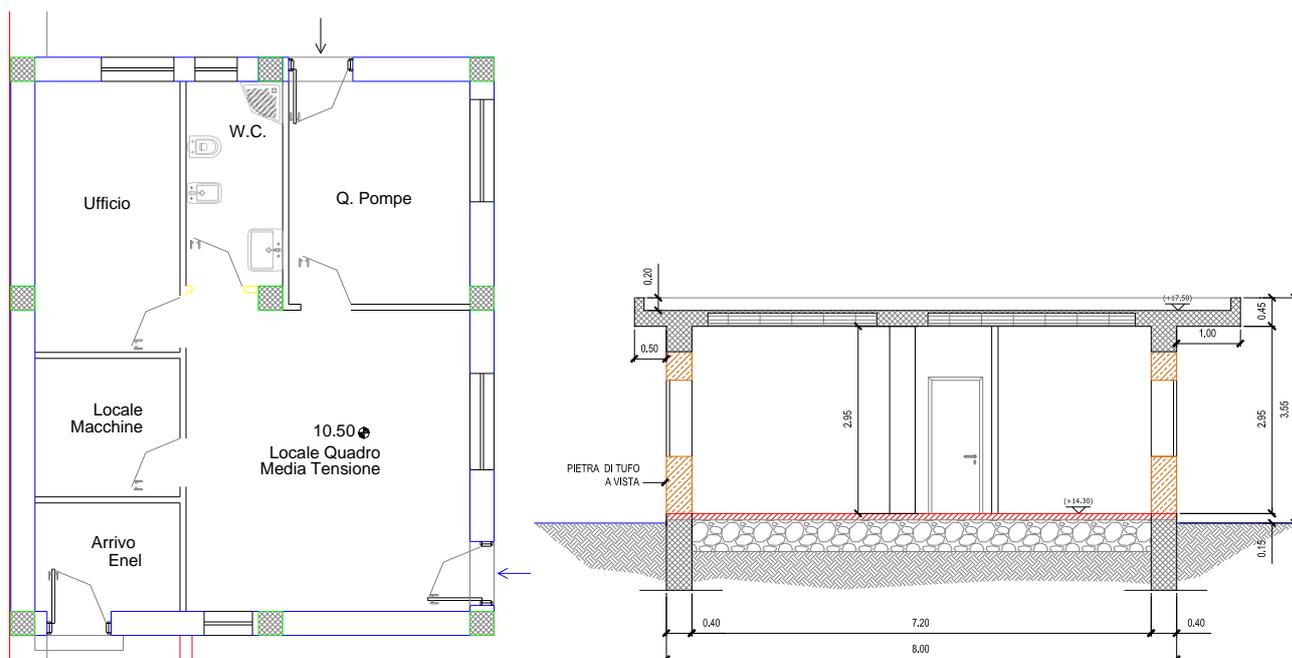
7.4 – Stima dei cedimenti delle fondazioni	23
7.4.1 Calcolo dell'incremento delle tensioni	23
7.4.2 Calcolo dei cedimenti	25
7.4.3 Calcolo delle distorsioni angolari	27
7.5 - VERIFICA A SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA.....	27
8 – INTERAZIONI DELLA FONDAZIONE TRAI EDIFICI.....	28
9 - CONCLUSIONI	29

1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

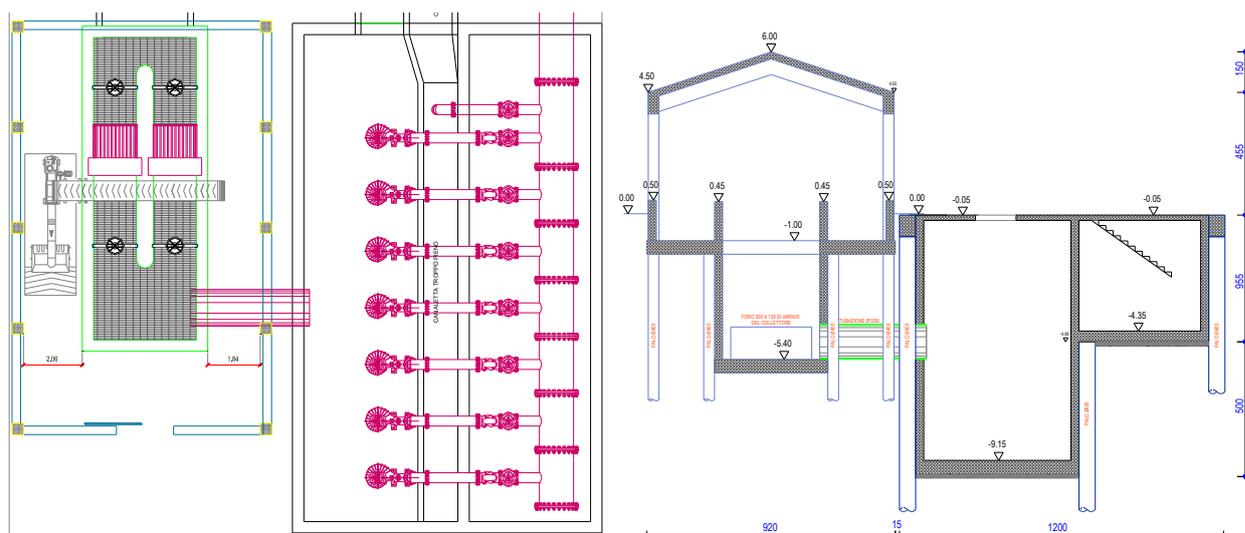
L'opera oggetto della presente relazione consiste in una stazione di sollevamento di liquami; l'impianto presenta tre corpi giuntati di cui uno adibito ad uffici, uno con funzione di grigliatura ed uno destinato all'alloggiamento delle pompe di sollevamento.

Il corpo uffici presenta una pianta rettangolare con doppia simmetria strutturale di dimensioni pari a 8,0 m x 9,6 m e di altezza pari a 3,35 m fuori terra.

L'impalcato composto da un solaio a travetti precompressi e laterizi e da travi emergenti lungo il perimetro ed a spessore internamente è sorretto da nove pilastri poggianti su travi rovesce.



Il locale griglia ed il locale pompe sono ravvicinati e presentano un giunto sismico di circa 15 cm.



Il locale griglie presenta una copertura a solaio bifalda realizzato con travetti precompressi e laterizio sorretti da travi emergenti che ne costruiscono l'ossatura principale in entrambe le direzioni principali; l'impalcato è sostenuto da dieci pilastri poggianti su travi con pali, la vasca centrale di grigliatura è protetta lungo il perimetro da una paratia di pali da 400 mm di diametro.

Il locale adibito alle pompe è di forma rettangolare ed è interamente interrato, una paratia di pali disposta lungo il perimetro protegge lo scavo da spostamenti del terreno laterale, un locale di comando è posto lateralmente alla vasca con pompe e presenta una quota di fondo superiore. L'impalcato del locale pompe è realizzato con una soletta da 20 cm di spessore poggiante sulle pareti da 30 cm di spessore a loro volta sostenuti dalle platee di fondazione. Le azioni previste sulla struttura sono legate alla destinazione d'uso e sono rappresentate da:

- Ambienti suscettibili di grande affollamento: musei, sale da ballo, palestre, tribune, sale da concerto, palasport, ecc.
(Cat. C3 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a 5,0 kN/m²;
- carichi accidentali per *Balconi, ballatoi e scale comuni*
(Cat. C2 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a 4,0 kN/m²;
- azione della neve;
- azione del vento;
- sisma.

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

"Norme tecniche per le Costruzioni"

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

(G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

Eurocodice 7 – "Progettazione geotecnica" - ENV 1997-1 per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

UNI 11104:2004

UNI EN 206-1:2006

UNI EN 197

3 - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sulla base della conoscenza geologica dell'area di sito e della conoscenza strutturale del fabbricato, si è proceduto alla progettazione della campagna di indagini geognostiche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dal "volume significativo" dell'opera in esame.

3.1 - Definizione del volume significativo di terreno interessato

La determinazione del volume significativo è stata eseguita considerando l'estensione in pianta e la profondità del piano di posa della platea nonché le caratteristiche geometriche dei pali di progetto.

Considerando che il volume di terreno influenzato dalle sollecitazioni della fondazioni secondo i meccanismi di rottura alla Terzaghi è pari a circa due volte la larghezza della base in aggiunta alla profondità del piano di imposta della platea si rileva che la profondità di terreno interessata dalle fondazioni è di circa 32,00 m dal piano campagna della piazza di ingresso.

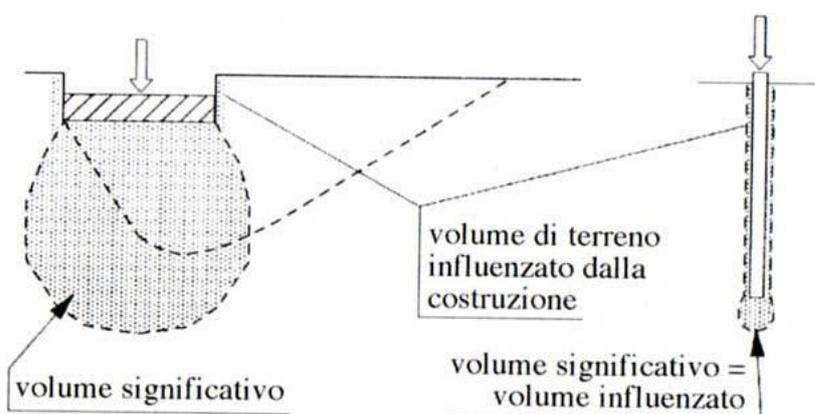


Fig.12.2 del libro "FONDAZIONI" del prof. Carlo Viggiani : Volume significativo e volume di terreno influenzato dalla costruzione per una fondazione diretta e per un palo

3.2 - Prove effettuate

Al fine della determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni coinvolti nel "volume significativo" dell'opera in esame, sono state condotte delle prove geotecniche, riassunte nella relazione geologica e consistenti in:

- **SPT**
- **MASW**
- **Carotaggio continuo**

3.3 – Caratteristiche geologiche del luogo

Gli interventi in progetto sono ubicati nell'area orientale di Napoli, nello specifico lungo il litorale di San Giovanni a Teduccio (tavv. 2 e 3, allegato A).

Tale area ricade dal punto di vista cartografico nel foglio n° 183-4 ("Napoli-Isola d'Ischia") della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000 e al foglio n° 184, tavoletta I S.W. ("Napoli"), della topografia ufficiale italiana in scala 1: 25.000 (tavv. 1 e 2, in allegato A).

Dal punto di vista morfologico, essa si inserisce nell'ambito di un contesto attualmente molto urbanizzato, originariamente di piana alluvionale, posto non lontano dalle zone di recapito della

cosiddetta "depressione del Sebeto", detta anche del Volla, la piana sita nell'area orientale di Napoli e compresa tra la "Conca di Neapolis" a Ovest, i rilievi delle colline orientali della città a Nord (Poggioreale, Capodichino), il Somma-Vesuvio a Est ed il mare a Sud (fig. 1)

Dal punto di vista geologico, l'importanza della piana è legata non solo al suo significato di basso morfologico e, quindi, di contenitore di formazioni vulcaniche e sedimentarie, ma anche principalmente alla sua origine strutturale. Infatti, essa si può definire una depressione di limitate dimensioni impostata su lineamenti tettonici trasversali rispetto all'Appennino (vedi figura in basso); i limiti tettonici trasversali, mascherati dalle coperture vulcaniche e, in parte, sedimentarie più recenti, sono collegati direttamente all'evoluzione vulcano-tettonica dell'area degli ultimi 30-35.000 anni.

Nella specifica area di riferimento sono particolarmente diffusi i prodotti, oltre che dell'attività vulcanica flegrea, anche della vicina struttura eruttiva del Somma-Vesuvio. Premesso che nell'ambito dei diversi litotipi legati all'attività flegrea, prevalenti nel resto del territorio cittadino, il Tufo Giallo Napoletano (T.G.N., 11.000 anni b.p.) costituisce il "bed-rock" del sottosuolo partenopeo.

Nell'area orientale di Napoli, nella valle del Sebeto, al di sopra del Tufo Giallo, dislocato e ribassato da faglie tettoniche (Bellucci, 1998), si rileva una successione di piroclastiti sciolte, costituite da pomice in matrice cineritica, intervallate da strati sabbiosi di ambiente litorale, legate alla deposizione dei prodotti delle eruzioni più recenti del Somma Vesuvio e, in minor misura, dei Campi Flegrei, o piroclastiti con scarsa coesione (tufi vesuviani semi-coerenti).

Lungo la fascia costiera, i prodotti piroclastici recenti di copertura del tufo risultano rimaneggiati in ambiente alluvionale, o si intercalano a sabbie e limi di ambiente deposizionale marino, a cui risultano a loro volta sovrapposti sensibili accumuli di detrito antropico; al di sotto del tufo si rileva ancora la presenza di sabbie marine (spessore dell'ordine di qualche metro), nonché di tufi antichi vesuviani.

Un quadro stratigrafico sintetico dell'area di riferimento si può ricondurre al seguente schema:

- 1. coperture di materiali di riporto antropico, eterogenei, e depositi rimaneggiati, costituiti da pezzame litico di varia natura, in matrice sabbiosa di origine piroclastica il più delle volte prevalente;*
- 2. ceneri e cineriti delle eruzioni vesuviane del 79 d.C. e di "Avellino" (spessore di circa 5-10 m), in eteropia di facies ad alluvioni recenti limo-sabbiose;*
- 3. "tufo vesuviano" sia in facies grigia, semilitoide, che gialla, litoide, per uno spessore totale variabile tra 25 e 40 m;*
- 4. sabbie e limi sabbiosi marini (spessore 5-10 m);*
- 5. modesti spessori della formazione del "Tufo Giallo Napoletano" (T.G.N.), in facies grigia, incoerente;*
- 6. tufi antichi vesuviani (spessore imprecisato).*

3.4 - Idrogeologia

Nella piana del Volla lo schema di circolazione idrica sotterranea si sviluppa per falde sovrapposte, ma interagenti tra loro a causa delle numerose soluzioni di continuità presenti nei livelli meno permeabili e dei flussi verticali di "drenanza"; il primo orizzonte acquifero, di interesse ai fini del presente lavoro, contiene come detto una falda freatica molto superficiale permeante le sabbie e i limi litorali sovrapposti ai depositi vulcanici più profondi (cfr. § 2.3).

La falda è stata riscontrata ad una profondità di circa 9,0 m dal piano campagna.

3.5 - Problematiche riscontrate

Durante l'esecuzione delle prove e dall'elaborazione dei dati non sono emerse problematiche rilevanti alla realizzazione delle opere di fondazione.

Nel sottosuolo non è stata riscontrata la presenza di cavità.

In riferimento alla suscettibilità alla liquefazione, risulta che **i terreni non sono liquefacibili**. Ai sensi delle nuove Norme tecniche per le Costruzioni, la verifica a liquefazione può essere omessa, quando si manifesti almeno uno dei seguenti casi:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

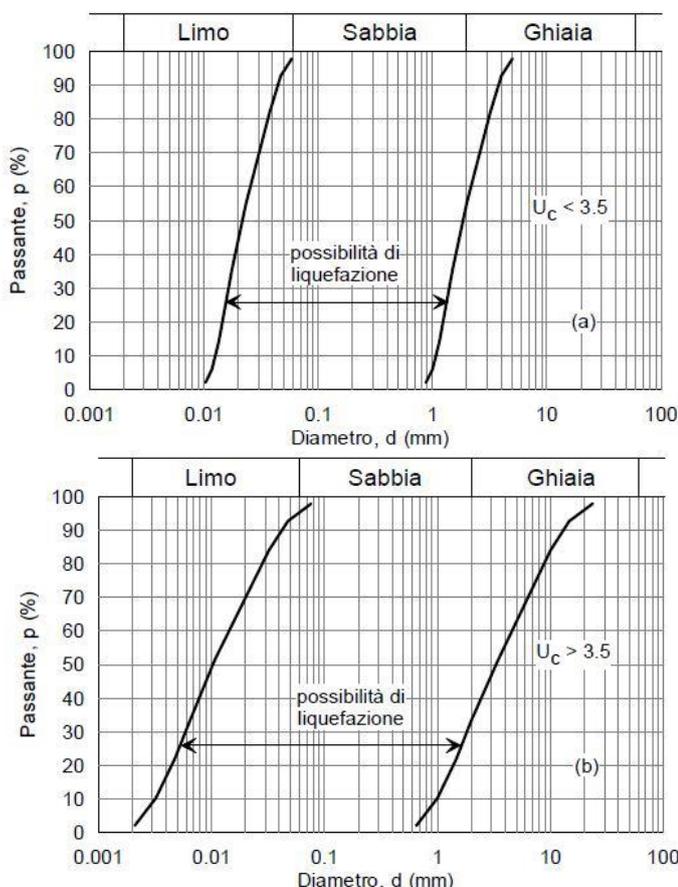


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Valutata la situazione stratigrafica e idrogeologica è da escludere che si verifichino fenomeni di liquefazione.

4 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

La forte edificazione dell'area rende il **territorio perfettamente stabile**.

Le indagini effettuate, permettono di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, di categoria:

C [depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con valori di Vs30 compresi tra 108 m/s e 360 m/s],

basandosi sulla valutazione della velocità delle onde di taglio (VS30).

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei seguenti paragrafi.

4.1 - Caratterizzazione geotecnica

Dalle prove in foro è emerso che le caratteristiche geomeccaniche dei depositi intercettati durante la perforazione (cfr. allegato C) fino a -10,0 metri risultano discrete e gradualmente crescenti con la profondità; infatti, in sostanza i termini sedimentari alluvionali restituiscono un valore di Nspt pari a 13 colpi, che classifica il litotipo in questione come mediamente addensato (cfr. tab. 2), mentre le proprietà geotecniche delle cineriti medio-fini sono ancora migliori (Nspt pari a 21 colpi).

In sintesi, pur nella tipica variabilità che contraddistingue i terreni di origine piroclastico-alluvionale che affiorano in Piana Campana (cfr. § 2), dai pochi dati disponibili possono essere individuati, per le profondità di interesse ai fini delle verifiche geotecniche (30 m), tre strati:

- un primo strato (A), costituito da **alluvioni limo-sabbiose**, da poco a mediamente addensate, presente con spessore di circa 5-6 metri, dalle caratteristiche meccaniche discrete;
- un secondo strato (B) di **cineriti da incoerenti a semi-coerenti ricche in pomici**, presente con un modesto spessore, di circa 4 metri, dalle caratteristiche meccaniche buone;
- un terzo strato (C) di **materiali a consistenza litoide**, dalle tipiche caratteristiche di una roccia tenera (tufo), con superficie di tetto posta a -11,00 metri dal piano di riferimento della perforazione S1;

	LITOTIPO A	LITOTIPO B	LITOTIPO C
Descrizione litologica	Suoli e alluvioni	Cineriti medio-fini con pomici	Tufo
Profondità	0,0-5,0 m dal p.r.	5,0-11,0 m dal p.r.	11,0-30,0 m dal p.r.
Nspt	10-12	20-30	>50
Peso di volume γ (g/cm ³) (Meyerhof)	1.6-1.8	1.7-1.9	/
Coazione c (KPa)	0-20	0-100	/
Angolo di attrito (°)	28-29	29-34	/

Tab. 4 – Modello aeoloico-tecnico di sintesi del sito "Ottaviano" (fino a 30m) – via L. Volpicella (NA).

5 - SCELTA TIPOLOGICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE

La scelta di adottare fondazioni di tipo diretto per l'edificio uffici ed indiretto costituite da travi e platee su pali scaturisce dalle considerazioni fatte in merito ai carichi sollecitanti ed alle caratteristiche resistenti del terreno, nonché alle interazioni tra le fondazioni di progetto dei diversi corpi di fabbrica.

La scelta di realizzare delle paratie di contenimento sul perimetro delle vasche dei grigliati e delle pompe scaturisce invece dalla necessità di contenere il terreno sia in fase di costruzione che in fase di esercizio poiché da progetto di rileva un discreto salto di quota che raggiunge i 9,5 m in corrispondenza delle vasche di sollevamento.

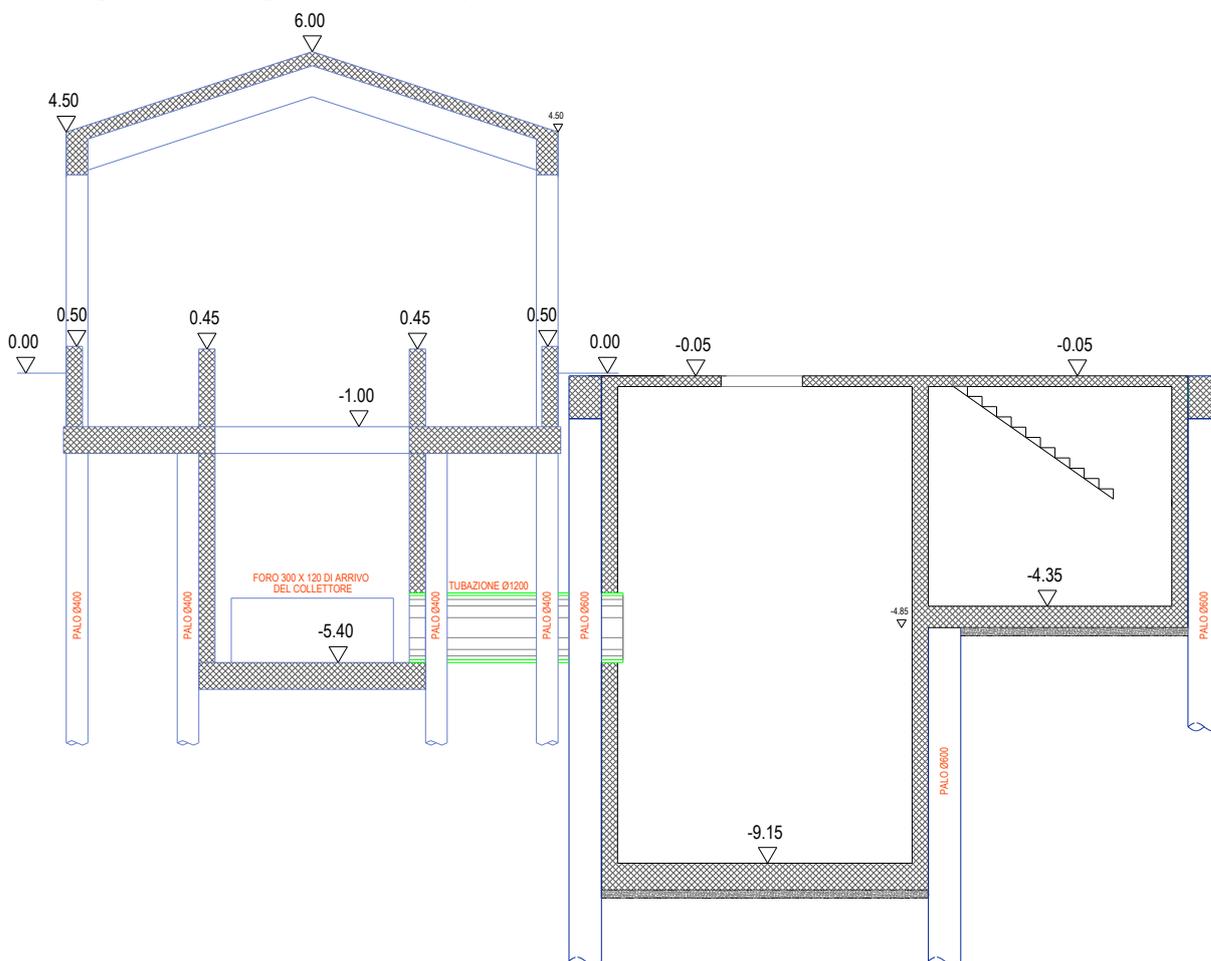
In conclusione nel caso in esame, la struttura di fondazione è costituita da:

- **fondazioni diretta a graticcio di travi per l'edificio uffici**
- **fondazione indiretta con travi e platee su pali e palificate per il corpo grigliati e pompe**

6 - MODALITA' COSTRUTTIVE

Di seguito si illustrano le metodologie di scavo e successiva realizzazione delle opere di fondazione e di sostegno.

La sequenza di realizzazione delle opere di fondazione in merito al corpo grigliato e pompe è illustrata di seguito e risulta indispensabile che sia rispettata durante l'esecuzione dei lavori poiché significativa a garantire un opportuno coefficiente di sicurezza durante le fasi transitorie.



- Fase 1 : scavo di slattamento fino a quota – 1,50
- Fase 2 : realizzazione dei pali da 400 e 600 mm di diametro
- Fase 3 : realizzazione delle travi di coronamento e delle platee poste al di sopra delle paratie
- Fase 4: scavo fino a quota di – 6,00 m e realizzazione delle platee fino a quota – 6.00 m
- Fase 5: scavo fino a quota finale di -9,75 e realizzazione della platea di fondo vasca.

6.1 – Trave rovescia per corpo uffici

Le travi rovesce saranno realizzate secondo gli ordinari metodi della tecnica delle costruzioni secondo il seguente procedendo:

- Scavo di pulizia dello strato superficiale
- Getto di uno strato di 10 cm di spessore di magrone in cls
- Realizzazione delle travi a mezzo di messa in opera delle armature, cassetatura, getto di conglomerato cementizio e scassetatura.
- Rinterro delle fondazioni con materiale di progetto.

Lo scavo delle travi presenta un profondità di scavo limitata e pertanto non richiede particolari verifiche da eseguire nelle fasi transitorie.

6.2 – Paratie di e travi su pali

Le paratie di ali e le travi su pali saranno realizzate con la seguente **metodologia**:

- Scavo fino al raggiungimento della quota di prima fondazione
- Trivellazione dei pali
- Realizzazione dei pali mediante calo delle armature metalliche e getto di calcestruzzo.
- Messa in opera delle armature, cassetatura, getto di conglomerato cementizio e scassetatura delle platee e delle travi di collegamento.

6.3 – Fondazione a Platea

La fondazione a platea sarà realizzata secondo gli ordinari metodi della tecnica delle costruzioni secondo il seguente procedendo:

- Scavo di pulizia dello strato superficiale dopo la demolizione della pavimentazione dei fabbricati esistenti
- Getto di uno strato di 10 cm di spessore di magrone in cls
- Realizzazione della platea a mezzo di messa in opera delle armature, cassetatura, getto di conglomerato cementizio e scassetatura.

7 - VERIFICHE DI SICUREZZA

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

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

R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche di sicurezza sono state condotte, con riferimento all'**Approccio 2** (Combinazione **A1+M1+R3**), sulla base delle tipologie di fondazioni descritte nel paragrafo precedente.

Le azioni sono ottenute, applicando ai valori caratteristici delle stesse, i coefficienti parziali γ_F di cui nella tabella 6.2.I delle NTC 2008, che vengono di seguito riportati.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	A1 (STR)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	1.0
	Sfavorevole		1.3
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0
	Sfavorevole		1.5
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0
	Sfavorevole		1.5

Il valore di progetto della resistenza R_d è determinato in modo analitico con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M , specificato nella tabella 6.2.II delle NTC 2008, e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specifici per ciascun tipo di opera. Utilizzando l'approccio 2, i coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici del terreno relativi alla colonna M1 sono tutti unitari.

Per le varie tipologie di fondazioni sono di seguito elencate le metodologie ed i modelli usati per il calcolo del carico limite ed i risultati di tale calcolo.

7.1 - Carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \psi_q + \frac{1}{2} \cdot B \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \psi_\gamma$$

in cui:

c = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \times D$ = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

γ = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione;

B = dimensione caratteristica della fondazione, che corrisponde alla larghezza della suola;

L = Lunghezza della fondazione;

γ_f = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante;

s, d, i, g, b, ψ = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica, B e L saranno ridotte rispettivamente di:

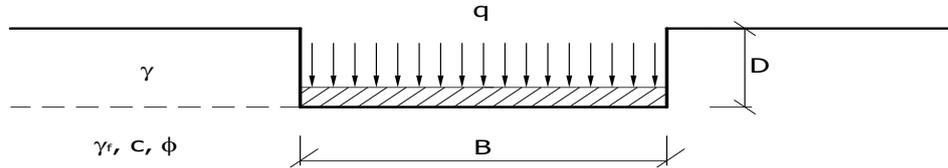
$$B' = B - 2 \cdot e_B$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L$$

dove:

e_B = eccentricità parallela al lato di dimensione B;

e_L = eccentricità parallela al lato di dimensione L
con $B' \leq L'$.



Calcolo dei fattori N_c , N_q , N_γ

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$N_c = 2 + \pi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = 1$	$N_q = k_p \cdot e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 0$ se $\omega = 0$ $N_\gamma = -2 \sin \omega$ se $\omega \neq 0$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

dove:

$k_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$ è il coefficiente di spinta passiva di Rankine;

ϕ = angolo di attrito del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

ω = angolo di inclinazione del piano campagna.

Calcolo dei fattori di forma s_c , s_q , s_γ

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$s_c = 1 + \frac{B'}{(2 + \pi)L'}$	$s_c = 1 + \frac{N_q B'}{N_c L'}$
$s_q = 1$	$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi$
$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'}$

con $B'/L' < 1$.

Calcolo dei fattori di profondità del piano di posa d_c , d_q , d_γ

Si definisce il seguente parametro:

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1;$$

$$k = \operatorname{arctg} \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1.$$

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$	$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$d_q = 1$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \cdot k$
$d_y = 1$	$d_y = 1$

Calcolo dei fattori di inclinazione del carico i_c, i_q, i_y

Si definisce il seguente parametro:

$$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L} \quad \text{se la forza H è parallela alla direzione trasversale della fondazione}$$

$$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B} \quad \text{se la forza H è parallela alla direzione longitudinale della fondazione}$$

$$m = m_\theta = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta \quad \text{se la forza H forma un angolo } \theta \text{ con la direzione longitudinale della fondazione}$$

Terreni coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni incoerenti ($c = 0, \phi \neq 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{c \cdot N_c \cdot B \cdot L}$	$i_c = 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$i_q = 1$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^m$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \phi}\right)^m$
$i_y = 0$	$i_y = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^{m+1}$	$i_y = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \phi}\right)^{m+1}$

dove:

H = componente orizzontale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione.

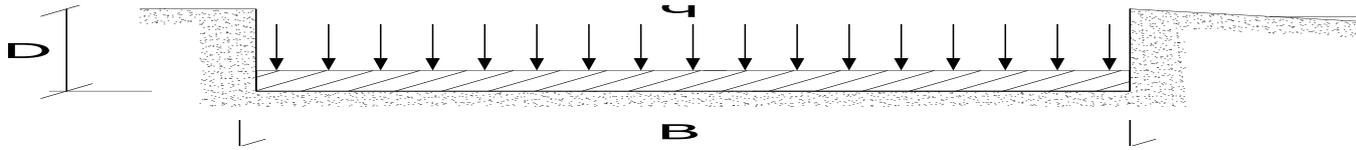
Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di campagna b_c, b_q, b_y

Indicando con ω la pendenza del piano campagna, si ha:

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$b_c = 1 - \frac{2 \cdot \omega}{(2 + \pi)}$	$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$b_q = (1 - \tan \omega)^2 \cos \omega$	$b_q = (1 - \tan \omega)^2 \cos \omega$
$b_y = \frac{b_q}{\cos \omega}$	$b_y = \frac{b_q}{\cos \omega}$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$\omega < \phi ; \quad \omega < 45^\circ$$



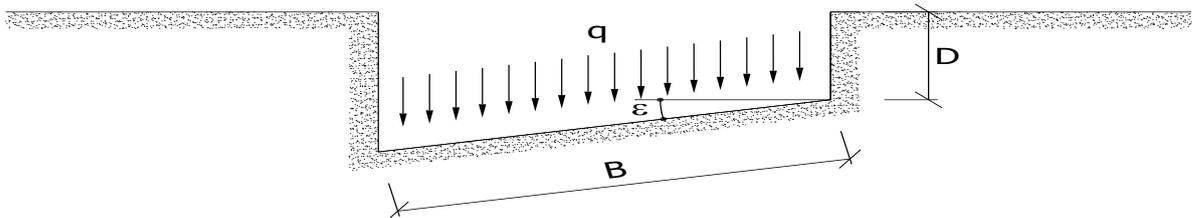
Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di posa g_c, g_q, g_γ

Indicando con ε la pendenza del piano di posa della fondazione, si ha:

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$g_c = 1 - \frac{2 \cdot \varepsilon}{(2 + \pi)}$	$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$g_q = 1$	$g_q = (1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$
$g_\gamma = 1$	$g_\gamma = (1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$\varepsilon < 45^\circ$$



Calcolo dei fattori di riduzione per rottura a punzonamento $\psi_c, \psi_q, \psi_\gamma$

Si definisce l'*indice di rigidezza* del terreno come:

$$I_r = \frac{G}{c + \sigma \cdot \tan \phi}$$

dove:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

= modulo d'elasticità tangenziale del terreno;

E= modulo elastico del terreno. Nei calcoli è utilizzato il modulo edometrico;

ν = modulo di Poisson. Sia in condizioni non drenate che drenate è assunto pari a 0.5;

σ = tensione litostatica alla profondità $D+B/2$.

La rottura a punzonamento si verifica quando i coefficienti di punzonamento $\psi_c, \psi_q, \psi_\gamma$ sono inferiori all'unità; ciò accade quando l'indice di rigidezza I_r si mantiene inferiore al valore critico:

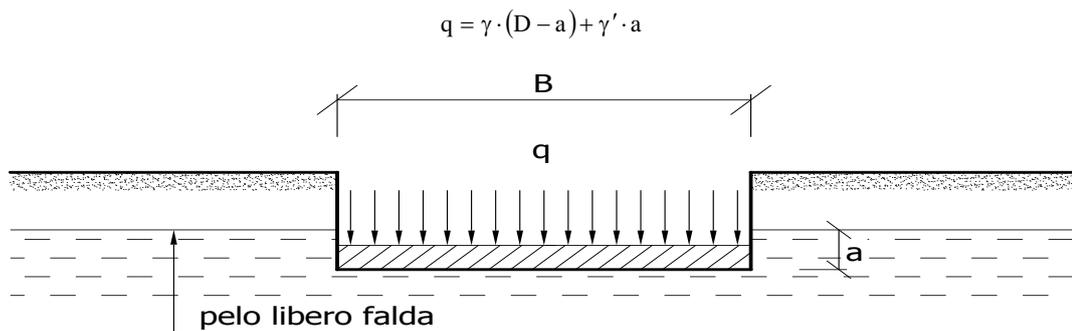
$$I_r < I_{r,crit} = \frac{1}{2} \exp \left\{ \left(3.3 - 0.45 \frac{B'}{L'} \right) \cot \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \right\}$$

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$\psi_c = 0.32 + 0.12 \frac{B'}{L'} + 0.6 \cdot \text{Log}(I_r)$	$\psi_c = \psi_q - \frac{1 - \psi_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$\psi_q = 1$	$\psi_q = \exp \left\{ \left(0.66 \frac{B'}{L'} - 4.4 \right) \tan \phi + \frac{3.07 \cdot \sin \phi \cdot \text{Log}(2I_r)}{1 + \sin \phi} \right\}$
$\psi_\gamma = 1$	$\psi_\gamma = \psi_q$

Calcolo del carico limite in presenza di falda

Se il pelo libero della falda è compreso fra il piano campagna ed il piano di posa della fondazione, ad un'altezza a sopra il piano di posa, l'espressione generale del carico limite, valutato in termini di *tensioni effettive*, diviene:

$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \psi_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma'_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \psi_\gamma + \gamma_{H20} \cdot a$
dove la tensione litostatica al piano di posa è valutata come:

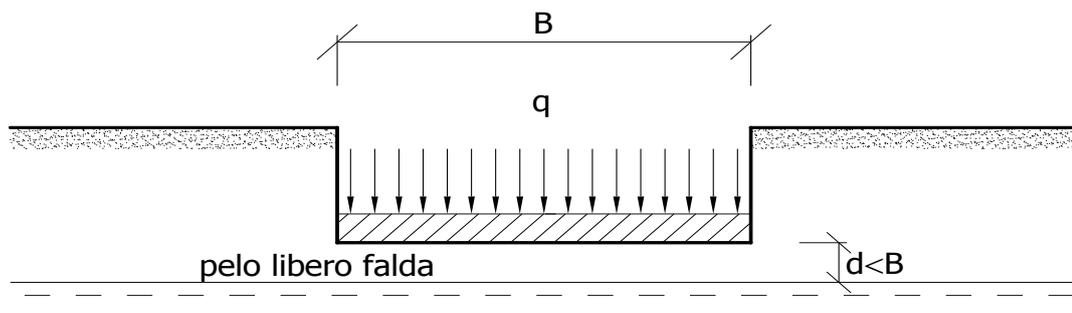


Se il pelo libero della falda è al di sotto del piano di posa della fondazione di una profondità d , tale che:

$$D \leq d \leq D + B, \quad \text{o in altri termini} \quad d < B$$

l'espressione generale del carico limite, valutato in termini di *tensioni effettive*, diviene:

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \psi_q + 0.5 \cdot B \cdot \left(\gamma'_f + (\gamma_f - \gamma'_f) \frac{d}{B} \right) \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \psi_\gamma$$



Se il pelo libero della falda è al di sotto del piano campagna di una profondità d , tale che:

$$d \geq D + B, \quad \text{o in altri termini} \quad d \geq B$$

termini

la presenza della falda viene trascurata.

Calcolo del carico limite in condizioni non drenate

L'espressione generale del carico limite, valutato in termini di *tensioni totale*, diventa:

$$q_{lim} = (2 + \pi)c_u \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q + \frac{1}{2} \gamma_{sat} \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

c_u = coesione non drenata;

γ_{sat} = peso unità di volume del terreno in condizioni di saturazione.

N.B: Nel calcolo in condizioni non drenate (situazione molto rara per un terreno incoerente) si assume, sempre e comunque, che l'angolo di attrito ϕ sia nullo ($\phi=0$).

7.2 Fattori correttivi al carico limite in presenza di sisma

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (**effetto cinematico**) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate nella struttura in elevazione (**effetto inerziale**).

Nell'analisi pseudo-statica, modellando l'azione sismica attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati K_{hi} e K_{hk} , il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

La formula generale del carico limite si modifica nel seguente modo:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \psi_c \cdot z_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \psi_q \cdot z_q + \frac{1}{2} B \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \psi_\gamma \cdot z_\gamma \cdot c_\gamma$$

in cui, oltre ai termini già precedentemente indicati, si sono introdotti i seguenti termini:

z_c, z_q, z_γ = coefficienti correttivi dovuti all'effetto inerziale;

c_γ = coefficiente correttivo dovuto all'effetto cinematico.

Calcolo del fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico c_γ

L'effetto cinematico modifica il solo coefficiente N_γ in funzione del coefficiente sismico K_{hk} , valutabile con i riferimenti normativi specificati per i pendii (circolare esplicativa § C 7.11.5.3.1).

In tal modo è possibile esprimere il K_{hk} (§ 7.11.3.5.2, NTC 2008) come:

$$k_{hk} = \beta_s \frac{S_s \cdot S_T \cdot a_g}{g}$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

S_T = coefficiente di amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 7.11.I del DM 14/01/2008:

Tab. 7.11.I – DM 14/01/2008

	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	
	A	B,C,D,E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Il fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico c_γ è stato, pertanto, determinato con la seguente relazione:

$$c_\gamma = \left(1 - \frac{k_{hk}}{\text{tg}\phi}\right)^{0.45}$$

Calcolo dei fattori correttivi dovuti all'effetto inerziale z_c, z_q, z_γ

L'effetto inerziale produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite in funzione del coefficiente sismico K_{hi} .

Tali effetti correttivi vengono valutati con la teoria di **Paolucci - Pecker** attraverso le seguenti relazioni:

$$z_\gamma = z_q = \left(1 - \frac{k_{hi}}{\text{tg}\phi}\right)^{0.35}$$

$$z_c = 1 - 0.32 \cdot k_{hi}$$

dove:

K_{hi} è ricavato dallo spettro di progetto allo SLV attraverso la relazione:

$$k_{hi} = \frac{S_s \cdot S_T \cdot a_g}{g}$$

i cui termini sono stati precedentemente precisati.

Si fa notare che il coefficiente sismico K_{hi} coincide con l'ordinata dello spettro di progetto allo SLV per $T = 0$ ed è indipendente dalle combinazioni di carico.

Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa relativa alla verifica dello stato limite di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

Si precisa che il valore relativo alla colonna $Q_{d,Rd}$, di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza $R_{d,r}$, ossia il rapporto fra il carico limite Q_{lim} (calcolato come sopra esposto) ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza γ_R relativo alla capacità portante del complesso terreno-fondazione. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza γ_R , come indicato nella tabella 6.4.I delle NTC 2008, è stato assunto pari a:

$$\gamma_R = 2.3.$$

Si precisa che, nella sottostante tabella:

- la coppia Q_{Max} e $Q_{d,Rd}$ è relativa alla combinazione di carico, fra tutte quelle esaminate, che da luogo al minimo coefficiente di sicurezza (CS);
- nelle colonne "**per N_q , per N_c e per N_γ** ", relative ai "**Coef. Cor. Terzaghi**", viene riportato il prodotto tra i vari coefficienti correttivi presenti nell'espressione generale del carico limite. Ad esempio si è posto:

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_q = s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \psi_q \cdot z_q$$

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_c = s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \psi_c \cdot z_c$$

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_\gamma = s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \psi_\gamma \cdot z_\gamma \cdot c_\gamma$$

7.3 – Carico limite per fondazioni indirette su pali

Calcolo del carico limite verticale

Per il calcolo del carico limite verticale viene adottato il metodo dell'equilibrio limite in base al quale il carico limite verticale Q_{lim} è dato dalla somma della resistenza laterale P_l e della resistenza alla punta P_p :

$$Q_{lim} = P_p + P_l$$

Stimando il carico limite sia in condizione drenate che non drenate è fondamentale nella stratigrafia il comportamento del singolo strato (coerente/incoerente).

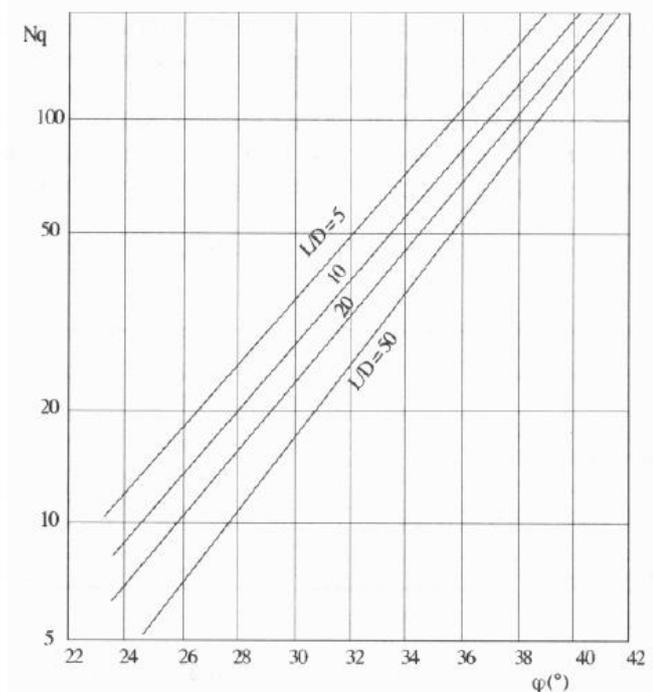
In particolare se uno strato è stato dichiarato incoerente il suo contributo al carico limite viene sempre valutato in condizioni drenate a prescindere dal metodo di calcolo richiesto (drenato/non drenato).

La resistenza alla punta P_p si calcola con la seguente formula:

$$P_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (c \cdot N_c + q \cdot N_q)$$

dove:

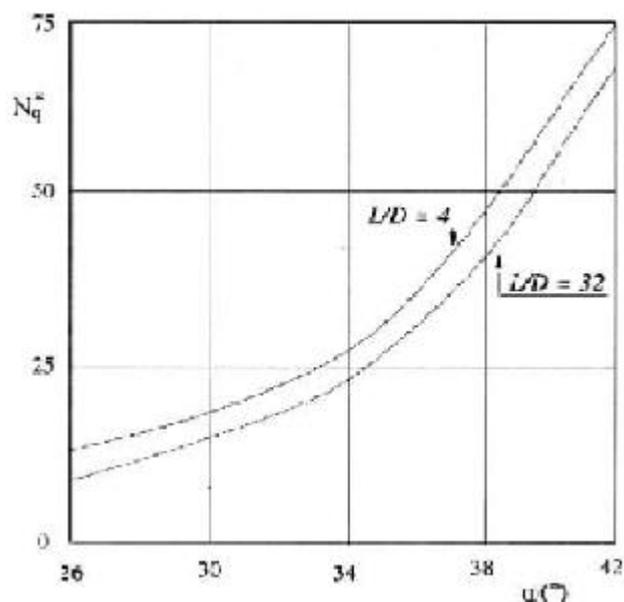
- Per la determinazione dei valori di N_q vengono usati i grafici di Berezantzev $N_q = N_q(L/D; \phi)$ in cui L è la lunghezza del palo, D è il diametro e ϕ è l'angolo di attrito;
 - $N_c = (N_q - 1) \cotg(\phi)$;
 - c è la coesione;
 - q è la pressione litostatica alla punta del palo.



Nel calcolo della resistenza alla punta si fa distinzione tra condizioni drenate e non drenate. In caso di **condizioni drenate** si assume $c=c'$ (coesione efficace) e q calcolata per pressioni effettive. In **condizioni non drenate** si assume $q=q_{tot}$ (pressione totale), $c=c_u$ (coesione non drenata), $\phi=0$ e $N_c=9$.

Se lo strato in cui arriva il palo è stato dichiarato coerente la stima della resistenza alla punta viene fatta in condizioni drenate o non drenate a seconda del metodo di calcolo richiesto. Viceversa, se lo strato in cui arriva il palo è stato dichiarato incoerente la stima della resistenza alla punta viene fatta sempre in condizioni drenate indipendentemente dal tipo di calcolo richiesto (drenato o non drenato).

La portanza viene valutata portando in conto che la resistenza alla punta di un palo si mobilita per determinati valori di cedimento proporzionali al diametro del palo. Pertanto, viene fatta la distinzione fra pali di medio e grande diametro (>80 cm), per i quali la resistenza alla punta non viene mobilitata se non dopo un cedimento che può essere notevole (in tal caso si utilizza un valore di N_q^* ridotto rispetto a N_q).



Per il calcolo della resistenza laterale si usa invece la formula:

$$P_l = \pi \cdot D \cdot L \cdot s$$

in cui **s** è la somma di un termine di adesione **a** indipendente dalla tensione normale (orizzontale σ_h) e da un termine attritivo dipendente da quest'ultima e dalla tecnologia con cui viene realizzato il palo (battuto, trivellato, ...):

$$s = a + \sigma_h \cdot \mu$$

con μ dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia palo/terreno.

Anche per il calcolo della resistenza laterale si distingue tra condizioni drenate e non drenate. In **condizioni drenate** si assume $a=0$, pertanto, $s = \sigma_h \cdot \mu$ (con $\mu=A \cdot \tan\phi$, dove A è il coefficiente riduttivo relativo all'attrito palo-terreno). In **condizioni non drenate** si assume che l'adesione sia un'aliquota della coesione non drenata, per cui $a=\alpha c_u$, con α dipendente dalla tecnologia esecutiva del palo stesso.

In caso di terreni stratificati la resistenza laterale è la somma delle resistenze offerte dai singoli strati, calcolate a seconda della tipologia del terreno (coerente/incoerente).

Pertanto, il calcolo del palo in condizioni non drenate, per gli strati coerenti il contributo alla portanza laterale del singolo strato viene stimato in funzione della coesione non drenata, mentre per gli strati incoerenti in funzione dell'attrito.

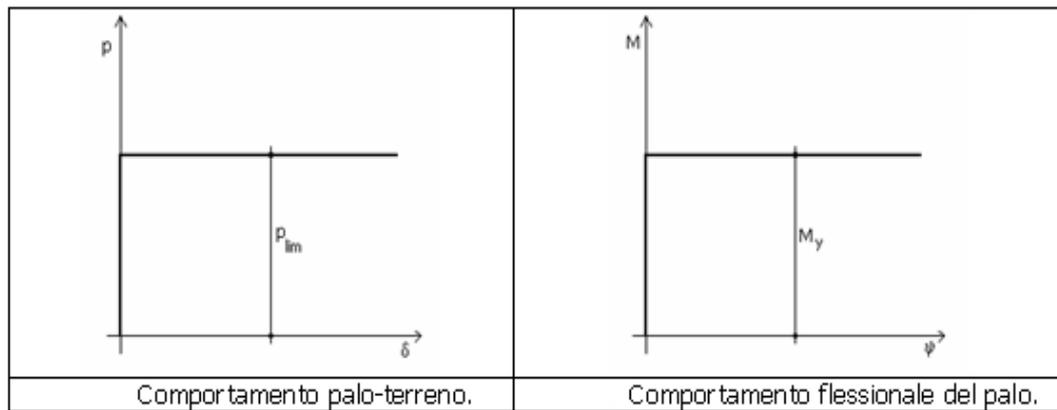
Invece, richiesto un calcolo del palo in condizioni drenate, sia per gli strati coerenti che per quelli incoerenti il contributo alla portanza laterale del singolo strato viene stimato in funzione dell'attrito.

Calcolo del Carico Limite Orizzontale

Per la valutazione del carico limite orizzontale si è fatto riferimento alla teoria di Broms e al caso di pali supposti vincolati in testa (rotazione impedita).

Le ipotesi assunte da *Broms* sono le seguenti:

- comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico, cioè la resistenza del terreno si mobilita interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento e resta poi costante al crescere dello spostamento;
- forma del palo ininfluente rispetto al carico limite orizzontale il quale risulta influenzato solo dal diametro del palo stesso;
- in presenza di forze orizzontali la resistenza della sezione strutturale del palo può essere chiamata in causa poiché il regime di sollecitazione di flessione e taglio che consegue all'applicazione di forze orizzontali è molto più gravoso dello sforzo normale che consegue all'applicazione di carichi verticali;
- anche il comportamento flessionale del palo è assunto di tipo rigido-perfettamente plastico, cioè le rotazioni plastiche del palo sono trascurabili finché il momento flettente non attinge al valore M_{plast} ovvero Momento di plasticizzazione. A questo punto nella sezione si forma una cerniera plastica ovvero la rotazione continua indefinitamente sotto momento costante.



La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra:

- il carico orizzontale necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo;
- il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo.

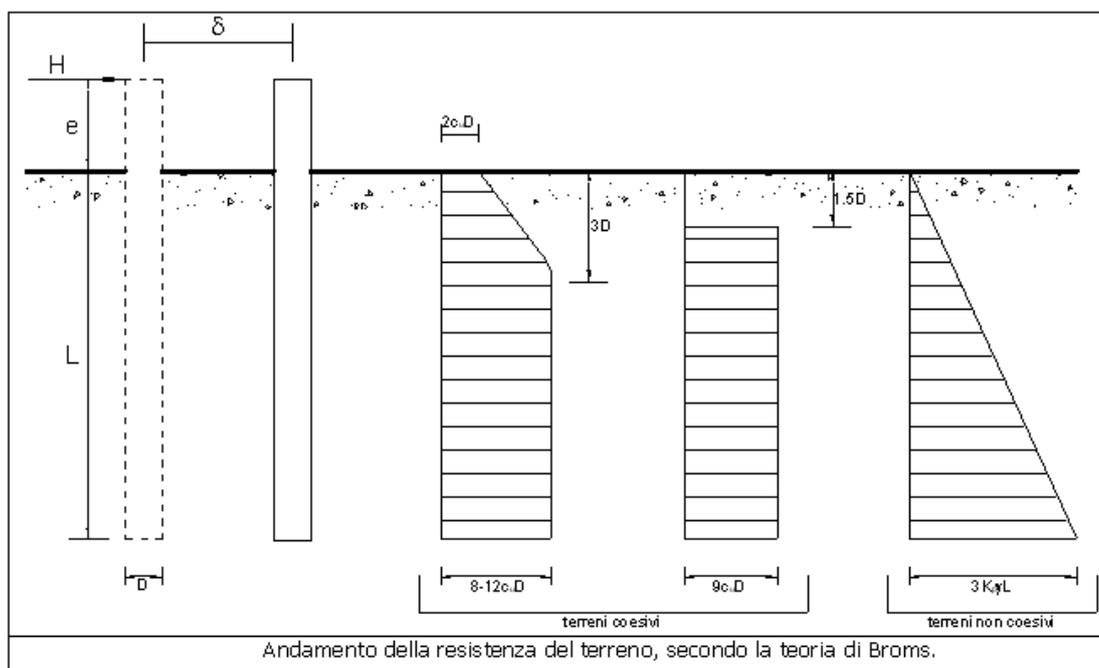
Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto).

Mentre, il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidità non eccessive rispetto al terreno d'infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio, con la formazione rispettivamente di due ed una cerniera plastica).

La resistenza limite del terreno rappresenta il valore limite di resistenza che esso può esplicare quando il palo è soggetto ad un carico orizzontale e dipende dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria del palo.

Per quanto riguarda la resistenza del terreno, secondo la teoria di Broms, si considerano separatamente i casi di:

- terreni **coesivi** o **coerenti** (rottura non drenata);
- terreni **non coesivi** o **incoerenti** (rottura drenata).



Quindi, nella fase di calcolo, occorre verificare se il meccanismo di rottura del palo è per:

- *Palo corto* ⇒ (plasticizzazione terreno);
- *Palo intermedio* ⇒ (plasticizzazione palo).
- *Palo lungo*

Nel caso di *terreni non coesivi* ($c=0$), la teoria di **Broms** assume che la resistenza laterale sia variabile linearmente con la profondità dal valore $p=0$ (in testa) fino al valore $p=3k_p\gamma L$ (alla base), essendo K_p il coefficiente di resistenza passiva.

Per quanto riguarda i terreni **coesivi** la resistenza laterale parte in testa al palo con un valore di $p=2c_uD$, cresce linearmente fino alla profondità $3D$ per poi rimanere costante e pari a $p=8-12c_uD$ per tutta la lunghezza del palo. In alternativa, è possibile utilizzare un diagramma semplificato, di valore $p=0$ fino alla profondità $1.5D$ e con valore costante e pari a $9c_uD$ per tutta la lunghezza del palo.

La teoria di Broms è formulata per terreni omogenei, di tipo coerente o incoerente; in caso di terreni stratificati il programma effettua un controllo sul tipo di comportamento per capire quale sia la tipologia prevalente ed i parametri meccanici medi. In base a tali parametri viene poi condotto il calcolo.

Oltre ai parametri meccanici del terreno viene considerato anche il Momento Ultimo del palo che è funzione oltre che dell'armatura anche dello sforzo assiale agente ed è fondamentale per il calcolo delle sezioni che si plasticizzano. Di ciò viene tenuto correttamente conto. Se il comportamento è a palo lungo viene calcolata anche la profondità di formazione della seconda cerniera plastica.

Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa relativa alle verifiche delle fondazioni su pali eseguite per i seguenti stati limite:

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali.

Si precisa che i valori relativi alle colonne $Q_{d...}$, di cui nella tabella relativa alle verifiche, sono da intendersi come il valore di progetto della resistenza R_d ossia il rapporto fra il carico limite Q_{lim} (calcolato come sopra esposto) ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza γ_R . Nel caso in esame i valori dei coefficienti parziali di sicurezza, come indicato nelle tabelle 6.4.II. 6.4.VI delle NTC 2008, sono sinteticamente riportati nelle seguenti tabelle:

Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze di pali soggetti a carichi assiali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ_s	1.15	1.15	1.15
Totale	γ_t	1.15	1.30	1.25

Con riferimento alle procedure analitiche che prevedono l'utilizzo dei parametri geotecnici, il valore caratteristico della resistenza R_k è dato dal valore ottenuto applicando alle resistenze calcolate R_{cal} i fattori di correlazione ξ riportati nella Tab. 6.4.IV delle NTC 2008, in funzione del numero n di verticali di indagine:

$$R_k = \frac{R_{cal}}{\xi_3}$$

Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40

Coefficiente parziale γ_R da applicare alle resistenze di pali soggetti a carichi trasversali

γ_R (R3)
1.30

Si precisa che, nella sottostante tabella, la coppia $Q_{MaxVrt} - Q_{dVrt}$ e $Q_{MaxOrz} - Q_{dOrz}$ è relativa alla combinazione di carico, fra tutte quelle esaminate, che da luogo al minimo coefficiente di sicurezza (CS).

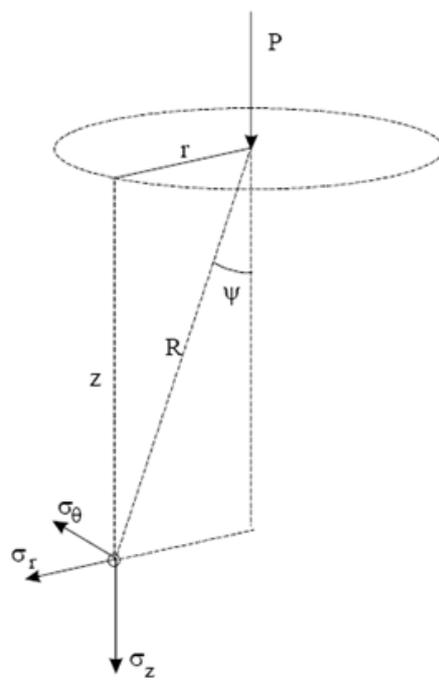
7.4 – Stima dei cedimenti delle fondazioni

I cedimenti delle fondazioni superficiali sono il risultato (l'integrale) delle deformazioni verticali del terreno sottostante la fondazione. Queste deformazioni sono conseguenti ad un'alterazione dello stato di tensione nel sottosuolo imputabile a vari motivi quali il carico trasmesso dalle strutture di fondazione, variazioni del regime delle pressioni neutre nel sottosuolo, vibrazioni indotte, scavi eseguiti nei pressi della fondazione.

Nel calcolo eseguito dal software vengono stimati i cedimenti prodotti dai carichi trasmessi dalla fondazione, che sono sempre presenti, e ne è stata valutata l'ammissibilità in condizioni di esercizio.

7.4.1 Calcolo dell'incremento delle tensioni

Gli incrementi di tensione indotti nel sottosuolo, dai carichi applicati in superficie, sono stati valutati mediante la teoria di Boussinesq, che definisce lo stato di tensione e deformazione indotto in un semispazio elastico da una forza concentrata P agente normalmente al suo piano limite (figura sottostante).



Gli incrementi di tensione nel sottosuolo, che generano i cedimenti, espressi in un sistema di coordinate cilindriche θ, z, r , sono determinate attraverso le seguenti relazioni:

$$\sigma_z = \frac{3 \cdot P}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{z^3}{R^5}$$

$$\sigma_r = -\frac{P}{2 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \left[-\frac{3 \cdot r^2 \cdot z}{R^3} + \frac{(1 - 2 \cdot \nu) \cdot R}{(R + z)} \right]$$

$$\sigma_\theta = -\frac{(1 - 2 \cdot \nu) \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \left[\frac{z}{R} - \frac{R}{(R + z)} \right]$$

$$\tau_{rz} = \frac{3 \cdot P}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{z^2 \cdot r}{R^5}$$

dove:

$$R = \sqrt{r^2 + z^2}$$

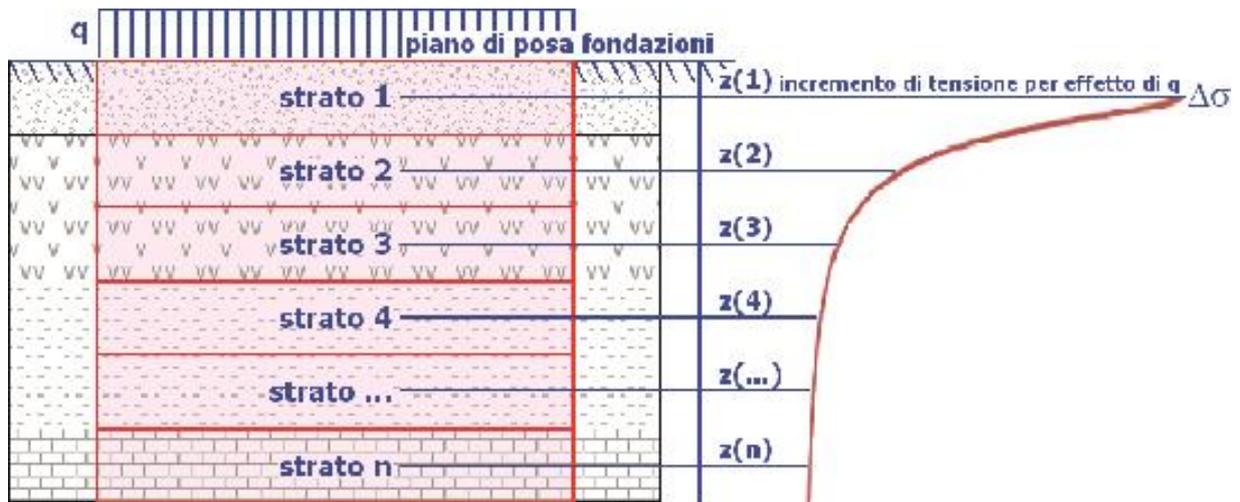
I valori delle tensioni radiali σ_r e tangenti σ_θ , proiettati sugli assi X e Y, diventano:

$$\sigma_x = \sigma_r \cos(\alpha) - \sigma_\theta \sin(\alpha);$$

$$\sigma_y = \sigma_r \sin(\alpha) + \sigma_\theta \cos(\alpha)$$

dove α è l'angolo formato dal raggio r con l'asse X.

Gli incrementi di tensione sono stati calcolati, per ogni combinazione di carico allo SLE e allo SLD, al centro di strati elementari (substrati) con cui si è discretizzato il sottosuolo in corrispondenza di ogni verticale di calcolo (vedi figura sottostante). L'altezza adottata per il substrato è di 100 cm.



Distribuzione delle forze al contatto del piano di posa

Per poter affrontare il problema in maniera generale, l'area di impronta della fondazione viene discretizzata in areole elementari sufficientemente piccole e si sostituisce all'azione ripartita, competente ad ogni singola areola, un'azione concentrata equivalente. Il terreno a contatto con la fondazione viene corrispondentemente discretizzato in elementi elastici, detti bounds, che lavorano nelle tre direzioni principali XYZ. Le fondazioni trasmettono agli elementi bounds le azioni provenienti dal calcolo in elevazione e su tale modello il solutore determina le azioni F_x , F_y , F_z agenti sul singolo bound. Inizialmente si ritiene il bound elastico e bidirezionale, ossia reagente anche a trazione, e in tale ipotesi viene condotto un calcolo lineare. Se, per effetto di eccentricità, si hanno bounds reagenti a trazione, si ridefinisce il legame costitutivo nell'ipotesi di assenza di resistenza a trazione e si effettua un calcolo NON lineare in cui sono definite aree di contatto parzializzate e vengono esclusi i bounds a trazione.

Attraverso questo procedimento, effettuato per tutte le combinazioni di carico, sono note le reazioni dei bounds compressi e quindi le forze (F_z) da cui calcolare gli incrementi di tensione nel sottosuolo in una serie di punti significativi.

Per ogni verticale in cui si è calcolato il cedimento, l'incremento di tensione nel sottosuolo è stato calcolato sommando gli effetti di tutte le forze elementari.

Inoltre, è stato considerato il decremento di tensione dovuto allo scavo, in modo da sottrarre all'intensità del carico applicato il valore della tensione litostatica agente sul piano di posa prima della realizzazione della fondazione.

7.4.2 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale (w_o) coincide con quello finale (w_f).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

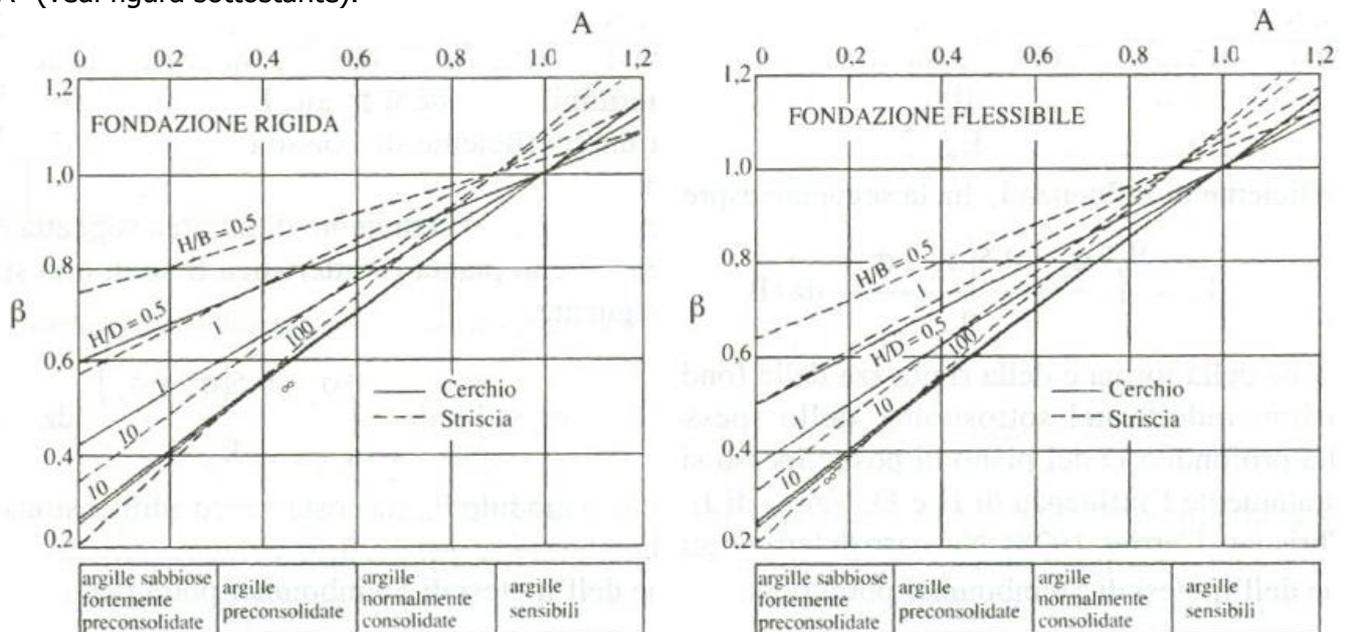
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni $\Delta\sigma$ nei vari strati, ognuno di spessore H_i e modulo $E_{ed,i}$, il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta w_{ed}$$

I valori del coefficiente β sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidamento del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidamento del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0.75 ÷ 1.50
normale	0.50 ÷ 1.00
poco sovraconsolidato	0.20 ÷ 0.50
Molto sovraconsolidato	0.00 ÷ 0.25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale w_0 è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{qB}{E_u} I_w$$

in cui:

E_u è il modulo di elasticità NON drenato;

q è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;
 B è la larghezza caratteristica della fondazione,
 I_w è il coefficiente di influenza.

Il coefficiente di influenza I_w ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5(\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui H è lo spessore dello strato deformabile e le σ_x e σ_y sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0.5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata (c_u), l'indice di plasticità (Ip) e il grado di consolidamento del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

rapporto $K_u=(E_u/c_u)$			
Grado di consolidamento del terreno (OCR)	Ip < 0.3	0.3 < Ip < 0.5	Ip > 0.5
basso	800	400	200
normale	800	400	200
poco sovraconsolidato	500	300	150
Molto sovraconsolidato	300	200	100

Il cedimento finale è pari a:

$$w_f = w_o + w_c.$$

7.4.3 Calcolo delle distorsioni angolari

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari (β) come:

$$\beta_{ij} = \frac{\Delta w_{ij}}{L_{ij}}$$

dove:

Δw_{ij} è il cedimento differenziale tra i punti i e j;
 L_{ij} è la distanza tra la coppia di punti i e j.

Sia nel tabulato che nelle tabelle seguenti, per comodità di lettura, sono riportati i valori inversi delle distorsioni angolari, confrontati con il valore inverso della distorsione ammissibile compatibile con la funzionalità dell'intera opera.

7.5 - VERIFICA A SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, F_d) e la resistenza (R_d), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

La resistenza R_d della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

- 1) Componente dovuta all'attrito F_{RD1} . È pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi$$

dove:

N_d = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

ϕ = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

- 2) Componente dovuta all'adesione F_{RD2} . È pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c$$

dove:

A' = superficie efficace della base della fondazione;

c = coesione del terreno, pari alla coesione efficace (c') in condizioni drenate o alla coesione non drenata (c_u) in condizioni non drenate.

- 3) Componente dovuta all'affondamento F_{RD3} della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna $F_{Rd,r}$ di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento $R_{d,r}$, ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza γ_R relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza γ_R , come indicato nella tabella 6.4.I delle NTC 2008, è stato assunto pari a:

$$\gamma_R = 1.1.$$

Sia nel tabulato che nella tabella seguente si riporta l'esito della suddetta verifica.

8 – INTERAZIONI DELLA FONDAZIONE TRAI EDIFICI

In fase progettuale è stato tenuto in conto l'interazione tra le fondazioni del corpo grigliati e quello pompe che risultano giuntate ma ravvicinate. I risultati di tale interazione sono riportati nei tabulati di calcolo.

9 - CONCLUSIONI

La modellazione del suolo è stata definita a partire dalle indicazioni e dalle indagini riportate nella relazione geologica sopra richiamata. Il terreno di fondazione è modellato con un modello alla Winkler come un letto di molle elastiche.

Il volume significativo interessato dalle fondazioni è stato calcolato considerando le indicazioni riportate in letteratura ed in particolare quelle del noto luminario, prof. Carlo Viggiani nel libro Fondazioni.

Le verifiche eseguite in merito alla stabilità globale e locale del suolo sono riportate nei tabulati di calcolo ed hanno dato esito positivo sia per le parti di fondazione esistente che per quelle di progetto, pertanto la struttura risulta verificata rispetto alla crisi locale e globale in ogni sua parte sia per forze statiche che per sollecitazione sismica nel rispetto dei D.M. Min. LL. PP. 14 Gennaio 2008.

Si allega alla presente il tabulato di calcolo delle fondazioni.

Si rilascia per gli usi consentiti dalla legge.

Il Tecnico

Ing. Fabio Mastellone di Castelvetero

ALLEGATO ALLA RELAZIONE GEOTECNICA

N° 1

FONDAZIONE CORPO UFFICI

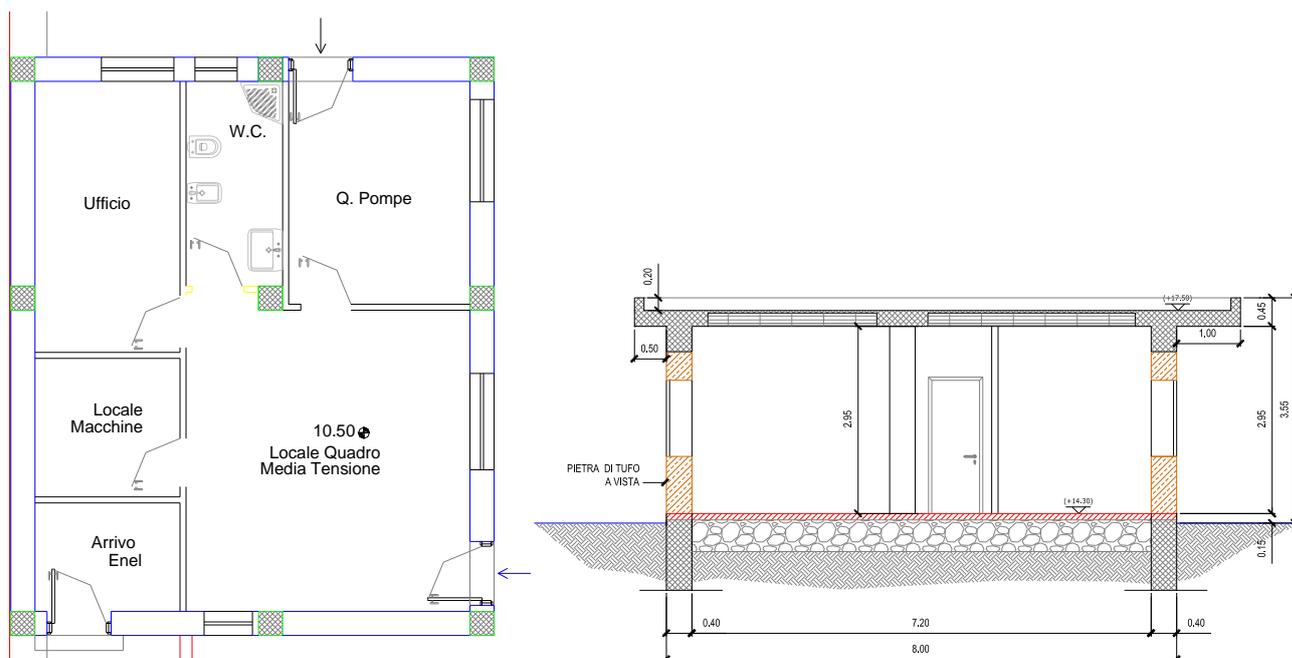
INDICE	31
1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	32
2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	33
3 – TABULATO DI CALCOLO – FONDAZIONE CORPO UFFICI.....	34
4 – ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI	38
5 - CONCLUSIONI.....	40

1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

L'opera oggetto della presente relazione consiste in una stazione di sollevamento di liquami; l'impianto presenta tre corpi giuntati di cui uno adibito ad uffici, uno con funzione di grigliatura ed uno destinato all'alloggiamento delle pompe di sollevamento.

Il corpo uffici presenta una pianta rettangolare con doppia simmetria strutturale di dimensioni pari a 8,0 m x 9,6 m e di altezza pari a 3,35 m fuori terra.

L'impalcato composto da un solaio a travetti precompressi e laterizi e da travi emergenti lungo il perimetro ed a spessore internamente è sorretto da nove pilastri poggianti su travi rovesce.



Le azioni previste sulla struttura sono legate alla destinazione d'uso e sono rappresentate da:

- Ambienti suscettibili di grande affollamento: musei, sale da ballo, palestre, tribune, sale da concerto, palasport, ecc.
(Cat. C3 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a 5,0 kN/m²;
- carichi accidentali per *Balconi, ballatoi e scale comuni*
(Cat. C2 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a 4,0 kN/m²;
- azione della neve;
- azione del vento;
- sisma.

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

"Norme tecniche per le Costruzioni"

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
(G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

C.N.R. – UNI 10011

"Istruzioni per il calcolo l'esecuzione e il montaggio"

UNI ENV 1993-1-1

"Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio Parte 1-1 regole generali e regole per gli edifici"

UNI 11104:2004

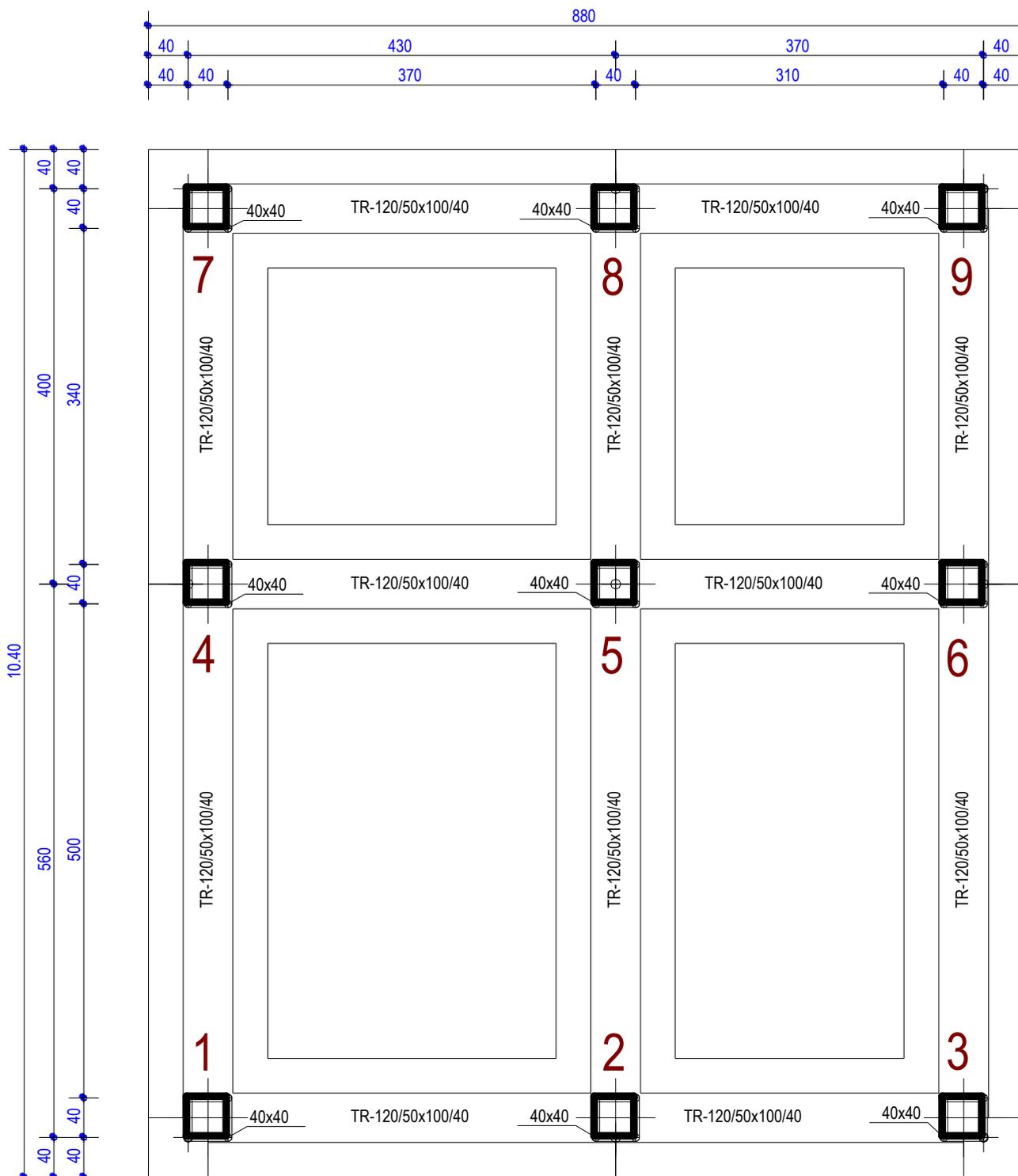
UNI EN 206-1:2006

UNI EN 197

3 – TABULATO DI CALCOLO – FONDAZIONE CORPO UFFICI

Ai fini della pericolosità sismica sono stati analizzati i dati relativi alla sismicità dell'area di interesse e ad eventuali effetti di amplificazione stratigrafica e topografica. Si sono tenute in considerazione anche la classe dell'edificio e la vita nominale.

Per tale caratterizzazione si riportano di seguito i dati di pericolosità come da normativa:



DATI GENERALI ANALISI SISMICA

Dati generali analisi sismica												
Ang	NV	CD	MP	S	Mcm	PAc	EcA	IrT	TP	RP	RH	CVE
[ssdc]												
0	15	B	ca	T	XY	A	N	N	C	SI	SI	5

Fattori di struttura

Dir. X			Dir. Y			Dir. Z
q	$\alpha u/\alpha 1$	Kw	q	$\alpha u/\alpha 1$	Kw	q
3.3	1.10	1.00	3.30	1.10	1.00	1.50

Stato Limite	Tr	Ag/g	Amplif. Stratigrafica		F0	T*c	Tb	Tc	Td
			Ss	Cc					
	[anni]	[adim]	[adim]	[adim]	[adim]	[s]	[s]	[s]	[s]
SLO	45	0.0577	1.500	1.554	2.333	0.305	0.158	0.474	1.831
SLD	75	0.0758	1.500	1.527	2.329	0.321	0.164	0.491	1.903
SLV	712	0.1942	1.418	1.494	2.422	0.344	0.171	0.513	2.377
SLC	1462	0.2419	1.336	1.489	2.509	0.347	0.172	0.517	2.568

Classe Edificio	Vita Nominale	Periodo di Riferimento	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Ampl. Topog.	
						Categoria	Coefficiente
	[anni]	[anni]	[°ssdc]	[°ssdc]	[m]		
3	50	75	40.8775	14.3419	25	T1	1.00

LEGENDA Dati generali analisi sismica

Ang	Direzione di una componente dell'azione sismica rispetto all'asse X (sistema di riferimento globale); la seconda componente dell'azione sismica e' assunta con direzione ruotata di 90 gradi rispetto alla prima.
NV	Nel caso di analisi dinamica, indica il numero di modi di vibrazione considerati.
CD	Classe di duttilita': [A] = Alta - [B] = Bassa - [ND] = Non Dissipativa - [-] = Nessuna.
MP	Tipo di materiale prevalente nella struttura: [ca] = calcestruzzo armato - [muOld] = muratura esistente - [muNew] = muratura nuova - [muArm] = muratura armata - [ac] = acciaio.
S	Tipologia della struttura: Cemento armato: [T] = Telaio - [P] = Pareti - [2P] = Due pareti per direzione non accoppiate - [DT] = Deformabili torsionalmente - [PI] = Pendolo inverso; Muratura: [P] = un solo piano - [PP] = più di un piano; Acciaio: [T] = Telaio - [CT] = controventi concentrici diagonale tesa - [CV] = controventi concentrici a V - [M] = mensola o pendolo invertito - [TT] = telaio con tamponature.
Mcm	Struttura con telai multicampata: [N]=Nessuna direzione - [X]=Solo in direzione X - [Y]=Solo in direzione Y - [XY]=Sia in direzione X che Y.
PAc	Presenza nella struttura di pareti accoppiate: [P] = presenti - [A] = Assenti
EcA	Eccentricita' accidentale: [S] = considerata come condizione di carico statica aggiuntiva - [N] = Considerata come incremento delle sollecitazioni.
IrT	Irregolarita' tamponature in pianta: [S] = Tamponature irregolari in pianta - [N] = Tamponature regolari in pianta.
TP	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione come definito al punto 3.2.2 del DM 14 gennaio 2008 'Nuove Norme tecniche per le costruzioni: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
RP	Regolarita' in pianta: [S]= Struttura regolare - [N]=Struttura non regolare.
RH	Regolarita' in altezza: [S]= Struttura regolare - [N]=Struttura non regolare.
CVE	Coefficiente viscoso equivalente.
Classe Edificio	Classe dell'edificio.
Categ Topog	Categoria topografica. (Vedi NOTE)
Coef Ampl Topog	Coefficiente di amplificazione topografica.
Tr	Periodo di ritorno dell'azione sismica.
Ag/g	Coefficiente di accelerazione al suolo.
Ss	Coefficienti di Amplificazione Stratigrafica allo SLO / SLD / SLV / SLC.
Cc	Coefficienti di Amplificazione di Tc allo SLO / SLD / SLV / SLC.
F0	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
T*c	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
Tb	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro di progetto.
Tc	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di progetto.

Classe Edificio	Vita Nominale	Periodo di Riferimento	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Ampl. Topog.	
						Categoria	Coefficiente
	[anni]	[anni]	[°ssdc]	[°ssdc]	[m]		

Td	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro di progetto.
Latitudine	Latitudine geografica del sito (in datum ED50).
Longitudine	Longitudine geografica del sito (in datum ED50).
Altitudine	Altitudine geografica del sito.
q	Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU (Fattore di struttura).
$\alpha/\alpha.1$	Rapporto di sovraresistenza.
Kw	Fattore di riduzione di q0.

NOTE

[-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato
 Categoria topografica
 T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i = 15^\circ$
 T2: Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
 T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ = i = 30^\circ$
 T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

VERIFICHE PER CARICO LIMITE SU FONDAZIONI DIRETTE

Descrizione	CS	Dimensioni e orientazione			Prof	Falda	Comp. Terreno	Coef. Cor. Terzaghi			Coef. Calc. Terzaghi			QMax	Qd,Rd	Int rv
		X	Y	Rtz				per Nq	per Nc	per N γ	per Nq	per Nc	per N γ			
		[m]	[m]	[°]				[m]	[m]				[N/mm ²]			
Trave 8-9	9.07	3.50	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.38	0.00	0.81	18.40	30.14	22.40	0.042	0.383	NO
Trave 7-8	9.99	4.10	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.29	0.00	0.84	18.40	30.14	22.40	0.037	0.368	NO
Trave 6-9	8.65	3.80	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.33	0.00	0.82	18.40	30.14	22.40	0.043	0.374	NO
Trave 3-6	9.13	5.40	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.20	0.00	0.87	18.40	30.14	22.40	0.039	0.353	NO
Trave 2-3	7.99	3.50	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.38	0.00	0.81	18.40	30.14	22.40	0.048	0.382	NO
Trave 1-2	8.99	4.10	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.29	0.00	0.84	18.40	30.14	22.40	0.041	0.367	NO
Trave 4-7	9.15	3.80	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.34	0.00	0.83	18.40	30.14	22.40	0.041	0.377	NO
Trave 1-4	9.69	5.40	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.20	0.00	0.88	18.40	30.14	22.40	0.037	0.355	NO
Trave 5-8	11.00	3.80	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.34	0.00	0.83	18.40	30.14	22.40	0.034	0.376	NO
Trave 2-5	11.76	5.40	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.20	0.00	0.88	18.40	30.14	22.40	0.030	0.355	NO
Trave 5-6	9.33	3.50	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.41	0.00	0.81	18.40	30.14	22.40	0.042	0.389	NO
Trave 4-5	10.73	4.10	1.50	0.00	1.50	6.50	NON Coesivo	1.31	0.00	0.85	18.40	30.14	22.40	0.035	0.372	NO

LEGENDA - Verifiche per Carico Limite su fondazioni dirette

Descrizione	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS	Coefficiente di sicurezza [NS] = Non significativo.
Dimensioni	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
Prof	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Falda	Profondità di falda sotto l'elemento di fondazione dal piano campagna.
Comp. Terreno	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
Coef. Cor. Terzaghi	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Coef. Calc. Terzaghi	Coefficienti di calcolo per la formula di Terzaghi.
QMax	Carico Massimo di Progetto allo SLU.
Qd,Rd	Resistenza di progetto del terreno.
Intrv	[SI] = nodo con presenza di rinforzo; [NO] = nodo senza rinforzo.

GEOTECNICA - VERIFICHE DEI CEDIMENTI DIFFERENZIALI

Geotecnica - Verifiche dei cedimenti differenziali				
ID	Ced. diff.	$(L/\Delta W)_{i-f}$	$(L/\Delta W)_{lim}$	CS
		[-]	[-]	
001	C0011-C0009	724.45	200	3.62
002	C0009-C0007	804.32	200	4.02
003	C0013-C0017	853.14	200	4.27
004	C0017-C0005	1,344.69	200	6.72
005	C0003-C0001	747.10	200	3.74
006	C0001-C0002	862.42	200	4.31
007	C0011-C0013	1,193.07	200	5.97
008	C0013-C0003	811.01	200	4.06
009	C0009-C0017	1,470.39	200	7.35
010	C0017-C0001	949.19	200	4.75
011	C0007-C0005	996.10	200	4.98
012	C0005-C0002	696.11	200	3.48

LEGENDA Geotecnica - Verifiche dei cedimenti differenziali

ID	Identificativo del cedimento riportato nella vista 3D.
Ced. diff.	Identificativo del cedimento differenziale.
$(L/\Delta W)_{i-f}$	Distorsione angolare. [NS] = Non Significativo - Per valori di $(L/\Delta W)_{i-f}$ maggiori o uguali di 50000.
$(L/\Delta W)_{lim}$	Distorsione angolare limite ammissibile.
CS	Coefficiente di sicurezza (rapporto fra distorsione angolare di calcolo e distorsione angolare ammissibile).

GEOTECNICA - VERIFICHE A SCORRIMENTO

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
elemento	dir.	N	M	T	F _{RD1}	F _{RD2}	F _{RD3}	F _{RD}	CS
		[N]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]		
Trave 8-9	B	124033	-10858	10267	65100	0	123398	188499	18.36
	L	130512	12161	-9972	68501	0	52885	121386	12.17
Trave 7-8	B	143679	-11207	11810	75412	0	144552	219964	18.63
	L	152133	-19535	11892	79849	0	52885	132734	11.16
Trave 6-9	B	135748	11024	-10966	71249	0	133975	205224	18.71
	L	145649	14046	-11264	76446	0	52885	129331	11.48
Trave 3-6	B	205328	12168	-16021	107769	0	190386	298155	18.61
	L	213993	-25684	15789	112317	0	52885	165202	10.46
Trave 2-3	B	128020	11301	-10172	67193	0	123398	190591	18.74
	L	135082	12282	-10320	70900	0	52885	123785	11.99
Trave 1-2	B	148030	11641	-11730	77696	0	144552	222248	18.95
	L	157533	-19690	12577	82683	0	52885	135568	10.78
Trave 4-7	B	127932	-10340	11101	67147	0	133975	201122	18.12
	L	138561	13582	-10871	72726	0	52885	125611	11.55
Trave 1-4	B	186632	-11110	16283	97956	0	190386	288342	17.71
	L	204135	-25114	15242	107143	0	52885	160028	10.50
Trave 5-8	B	135611	-2820	11099	71177	0	133975	205153	18.48
	L	126013	11927	-11035	66140	0	52885	119025	10.79
Trave 2-5	B	207400	-4084	16282	108857	0	190386	299243	18.38
	L	195626	-22393	15609	102677	0	52885	155562	9.97
Trave 5-6	B	120397	-2900	10266	63192	0	123398	186590	18.18
	L	115060	10390	-10217	60391	0	52885	113276	11.09
Trave 4-5	B	143300	-3274	11806	75213	0	144552	219765	18.61
	L	139574	-16237	12163	73257	0	52885	126142	10.37

LEGENDA Geotecnica - Verifiche a scorrimento

elemento	Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
dir.	Direzione di verifica : per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale y; [L]= asse globale x.
N, M, T	Sforzo Normale, Momento e Taglio di progetto.
F_{RD1}	Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
F_{RD2}	Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
F_{RD3}	Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
F_{RD}	Resistenza allo scorrimento
CS	Coefficienti di sicurezza: [NS] = Non Significativo - Per valori di CS maggiori o uguali a 100.

4 – ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI

Il presente documento riporta gli **elaborati grafici sintetici** in conformità a quanto previsto nel par. 10.2 del D.M. 14 gennaio 2008.

Tali elaborati hanno lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e possono riportare informazioni sintetiche e schemi relativi a carichi, sollecitazioni e sforzi, spostamenti, tensioni sul terreno, etc.

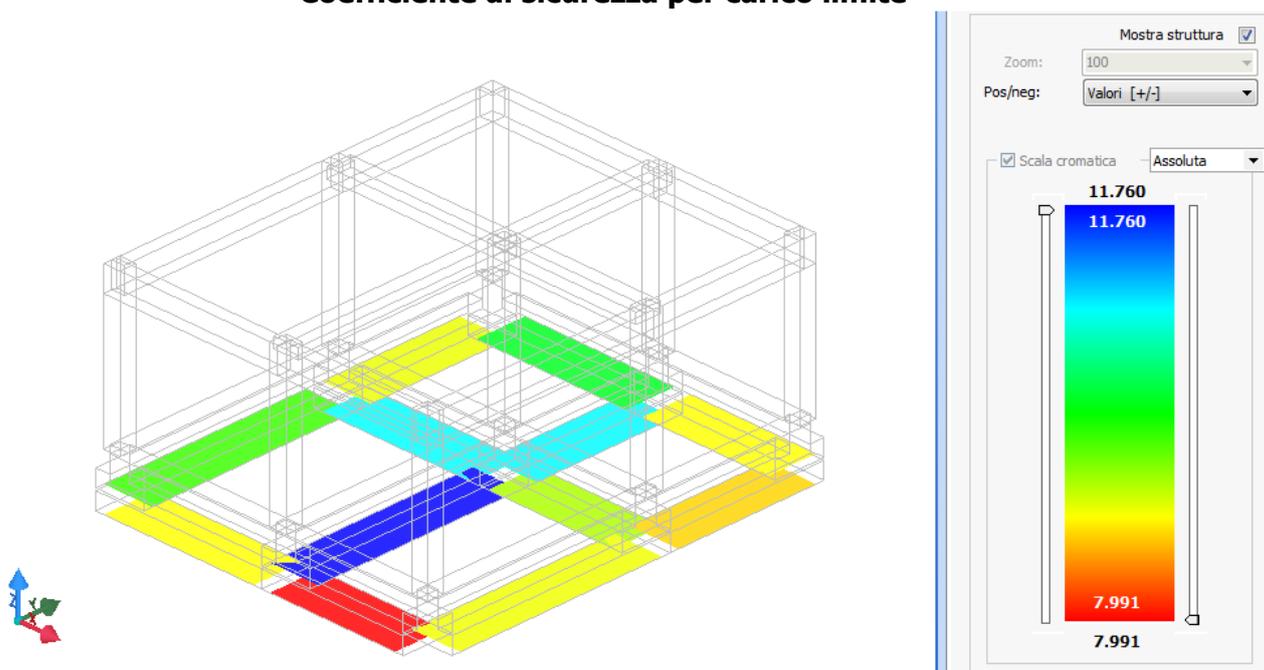
Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, si riportano delle rappresentazioni che ne sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa.

Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura.

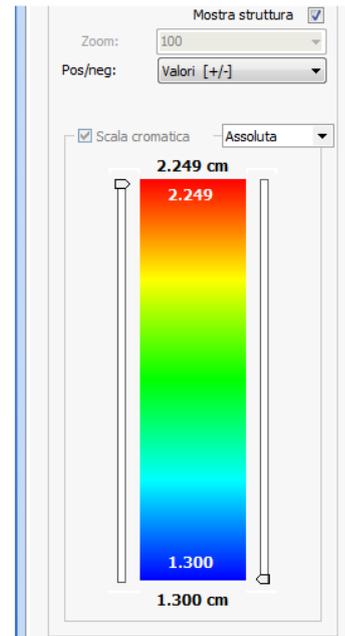
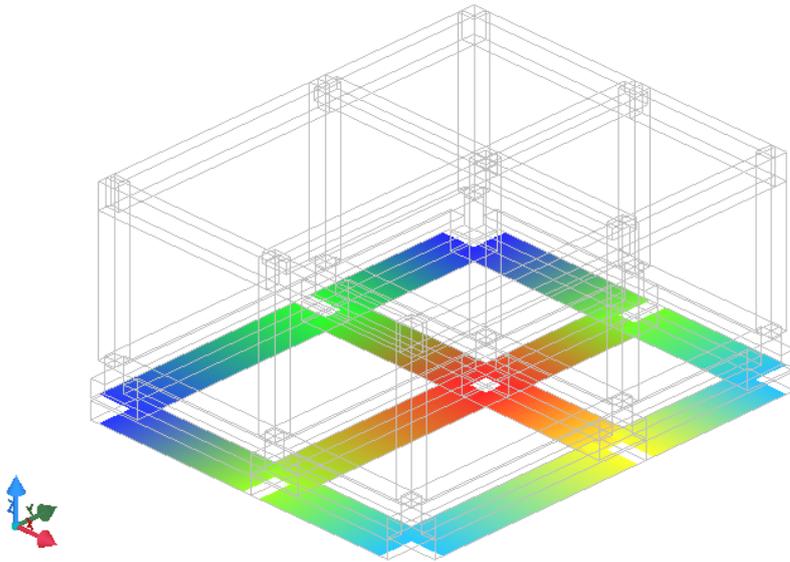
Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura. Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.

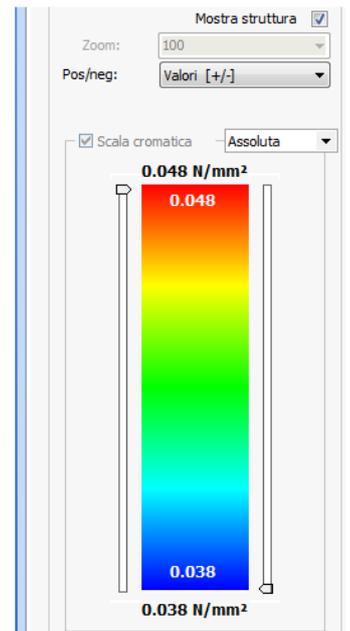
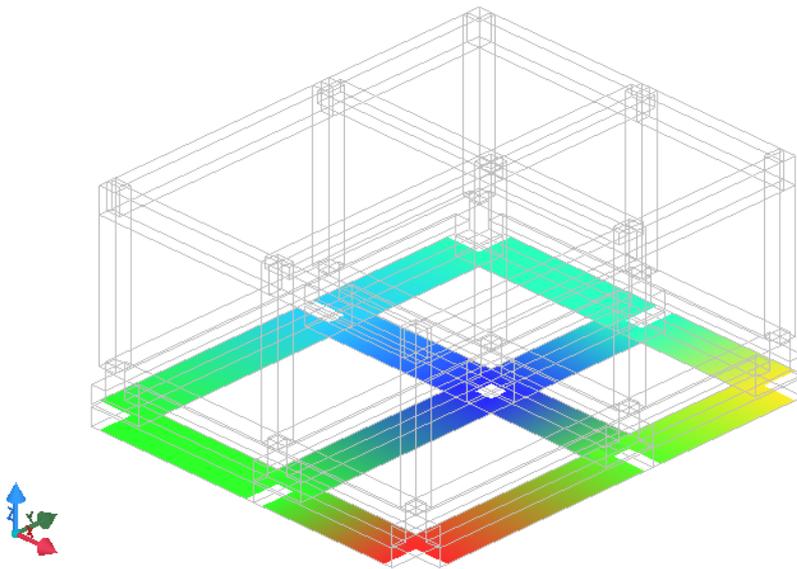
Coefficiente di sicurezza per carico limite



Cedimenti in fondazione



Tensioni massime in fondazione



5 - CONCLUSIONI

Le verifiche eseguite in merito alla stabilità globale e locale della struttura hanno dato esito positivo per l'opera di progetto, pertanto la struttura risulta verificata rispetto alla crisi locale e globale in ogni sua parte sia per forze statiche che per sollecitazione sismica nel rispetto dei D.M. Min. LL. PP. 14 Gennaio 2008.

Si rilascia per gli usi consentiti dalla legge.

Il Tecnico
Ing. Fabio Mastellone di Castelvetere

ALLEGATO ALLA RELAZIONE GEOTECNICA

N° 2

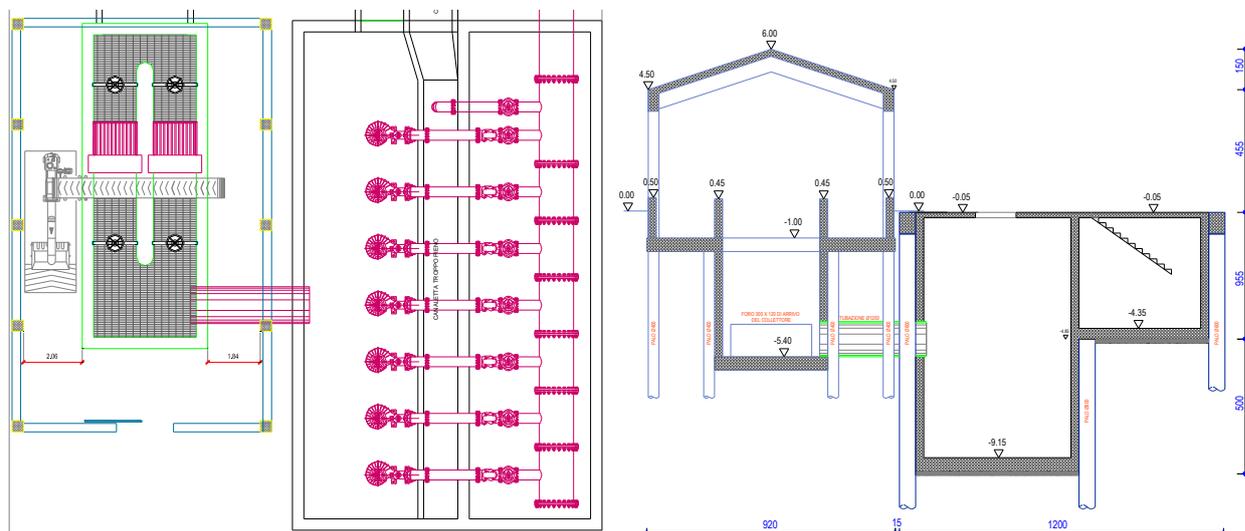
FONDAZIONE CORPO GRIGLIATI

<u>INDICE</u>	42
<u>1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA</u>	43
<u>2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	44
<u>3 – TABULATO DI CALCOLO – FONDAZIONE CORPO UFFICI</u>	45
<u>4 – ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI</u>	51
<u>5 - CONCLUSIONI</u>	53

1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

L'opera oggetto della presente relazione consiste in una stazione di sollevamento di liquami; l'impianto presenta tre corpi giuntati di cui uno adibito ad uffici, uno con funzione di grigliatura ed uno destinato all'alloggiamento delle pompe di sollevamento.

Il locale griglia ed il locale pompe sono ravvicinati e presentano un giunto sismico di circa 15 cm.



Il locale griglie presenta una copertura a solaio bifalda realizzato con travetti precompressi e laterizio sorretti da travi emergenti che ne costruiscono l'ossatura principale in entrambe le direzioni principali; l'impalcato è sostenuto da dieci pilastri poggianti su travi con pali, la vasca centrale di grigliatura è protetta lungo il perimetro da una paratia di pali da 400 mm di diametro.

Le azioni previste sulla struttura sono legate alla destinazione d'uso e sono rappresentate da:

- Ambienti suscettibili di grande affollamento: musei, sale da ballo, palestre, tribune, sale da concerto, palasport, ecc.
(Cat. C3 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a $5,0 \text{ kN/m}^2$;
- carichi accidentali per *Balconi, ballatoi e scale comuni*
(Cat. C2 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a $4,0 \text{ kN/m}^2$;
- azione della neve;
- azione del vento;
- sisma.

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

"Norme tecniche per le Costruzioni"

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
(G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

C.N.R. – UNI 10011

"Istruzioni per il calcolo l'esecuzione e il montaggio"

UNI ENV 1993-1-1

"Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio Parte 1-1 regole generali e regole per gli edifici"

UNI 11104:2004

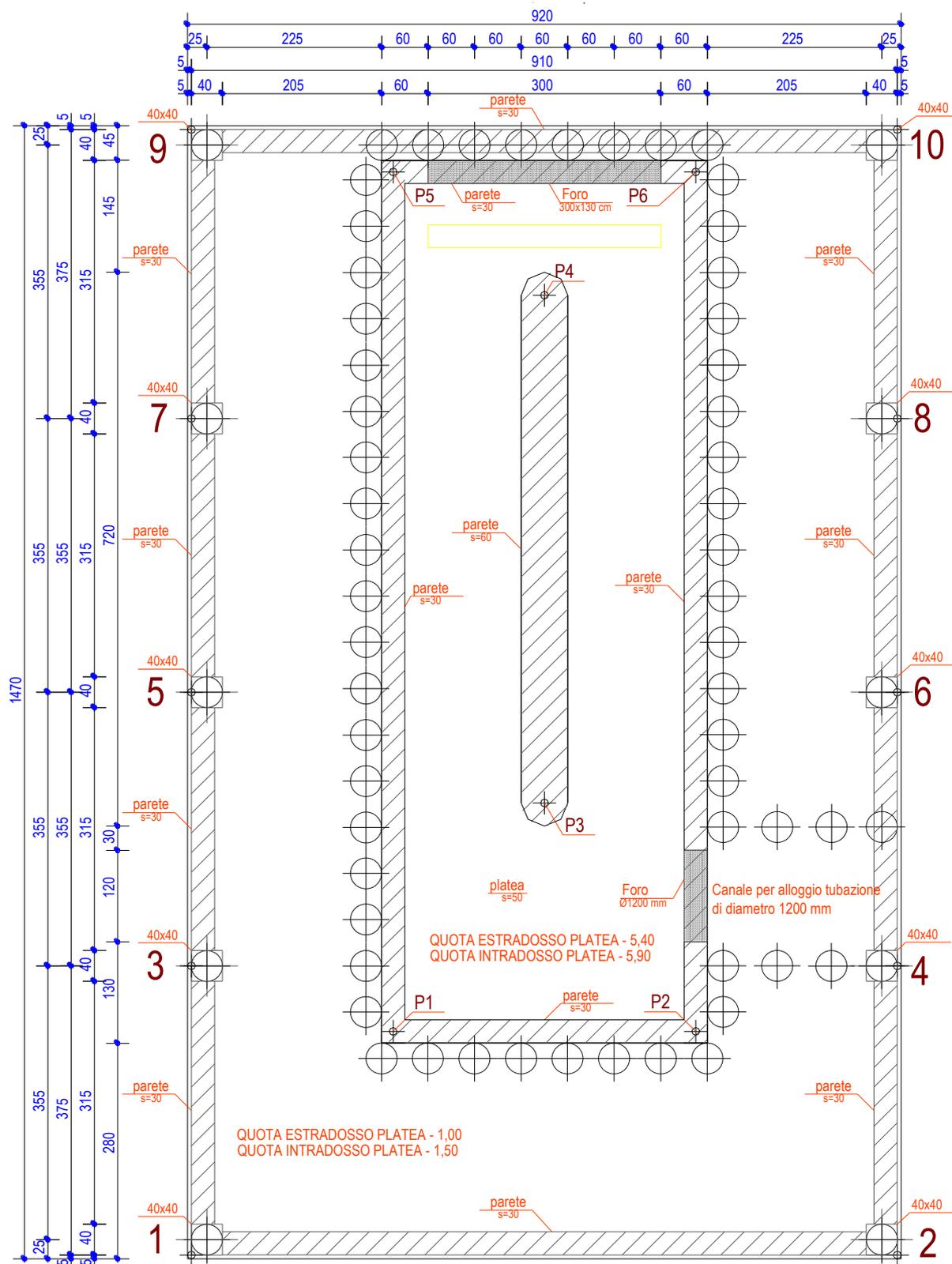
UNI EN 206-1:2006

UNI EN 197

3 – TABULATO DI CALCOLO – FONDAZIONE CORPO UFFICI

Ai fini della pericolosità sismica sono stati analizzati i dati relativi alla sismicità dell'area di interesse e ad eventuali effetti di amplificazione stratigrafica e topografica. Si sono tenute in considerazione anche la classe dell'edificio e la vita nominale.

Per tale caratterizzazione si riportano di seguito i dati di pericolosità come da normativa:



DATI GENERALI ANALISI SISMICA

Dati generali analisi sismica												
Ang	NV	CD	MP	S	Mcm	PAC	EcA	IrT	TP	RP	RH	CVE
[ssdc]												
0	45	B	ca	P	N	A	N	N	C	SI	NO	5

Fattori di struttura

Dir. X			Dir. Y			Dir. Z
q	$\alpha u/\alpha 1$	Kw	q	$\alpha u/\alpha 1$	Kw	q
2.64	1.10	1.00	2.64	1.10	1.00	1.50

Stato Limite	Tr	Ag/g	Amplif. Stratigrafica		F0	T*c	Tb	Tc	Td
			Ss	Cc					
	[anni]	[adim]	[adim]	[adim]	[adim]	[s]	[s]	[s]	[s]
SLO	45	0.0577	1.500	1.554	2.333	0.305	0.158	0.474	1.831
SLD	75	0.0758	1.500	1.527	2.329	0.321	0.164	0.491	1.903
SLV	712	0.1942	1.418	1.494	2.422	0.344	0.171	0.513	2.377
SLC	1462	0.2419	1.336	1.489	2.509	0.347	0.172	0.517	2.568

Classe Edificio	Vita Nominale	Periodo di Riferimento	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Ampl. Topog.	
						Categoria	Coefficiente
	[anni]	[anni]	[°ssdc]	[°ssdc]	[m]		
3	50	75	40.8775	14.3419	25	T1	1.00

LEGENDA Dati generali analisi sismica

Ang	Direzione di una componente dell'azione sismica rispetto all'asse X (sistema di riferimento globale); la seconda componente dell'azione sismica e' assunta con direzione ruotata di 90 gradi rispetto alla prima.
NV	Nel caso di analisi dinamica, indica il numero di modi di vibrazione considerati.
CD	Classe di duttilita': [A] = Alta - [B] = Bassa - [ND] = Non Dissipativa - [-] = Nessuna.
MP	Tipo di materiale prevalente nella struttura: [ca] = calcestruzzo armato - [muOld] = muratura esistente - [muNew] = muratura nuova - [muArm] = muratura armata - [ac] = acciaio.
S	Tipologia della struttura: Cemento armato: [T] = Telaio - [P] = Pareti - [2P] = Due pareti per direzione non accoppiate - [DT] = Deformabili torsionalmente - [PI] = Pendolo inverso; Muratura: [P] = un solo piano - [PP] = più di un piano; Acciaio: [T] = Telaio - [CT] = controventi concentrici diagonale tesa - [CV] = controventi concentrici a V - [M] = mensola o pendolo invertito - [TT] = telaio con tamponature.
Mcm	Struttura con telai multicampata: [N]=Nessuna direzione - [X]=Solo in direzione X - [Y]=Solo in direzione Y - [XY]=Sia in direzione X che Y.
PAC	Presenza nella struttura di pareti accoppiate: [P] = presenti - [A] = Assenti
EcA	Eccentricita' accidentale: [S] = considerata come condizione di carico statica aggiuntiva - [N] = Considerata come incremento delle sollecitazioni.
IrT	Irregolarita' tamponature in pianta: [S] = Tamponature irregolari in pianta - [N] = Tamponature regolari in pianta.
TP	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione come definito al punto 3.2.2 del DM 14 gennaio 2008 'Nuove Norme tecniche per le costruzioni: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
RP	Regolarita' in pianta: [S]= Struttura regolare - [N]=Struttura non regolare.
RH	Regolarita' in altezza: [S]= Struttura regolare - [N]=Struttura non regolare.
CVE	Coefficiente viscoso equivalente.
Classe Edificio	Classe dell'edificio.
Categ Topog	Categoria topografica. (Vedi NOTE)
Coef	
Ampl Topog	Coefficiente di amplificazione topografica.
Tr	Periodo di ritorno dell'azione sismica.
Ag/g	Coefficiente di accelerazione al suolo.
Ss	Coefficienti di Amplificazione Stratigrafica allo SLO / SLD / SLV / SLC.
Cc	Coefficienti di Amplificazione di Tc allo SLO / SLD / SLV / SLC.
F0	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

Classe Edificio	Vita Nominale	Periodo di Riferimento	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Ampl. Topog.	
						Categoria	Coefficiente
	[anni]	[anni]	[°ssdc]	[°ssdc]	[m]		
T[*]c	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.						
Tb	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro di progetto.						
Tc	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di progetto.						
Td	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro di progetto.						
Latitudine	Latitudine geografica del sito (in datum ED50).						
Longitudine	Longitudine geografica del sito (in datum ED50).						
Altitudine	Altitudine geografica del sito.						
q	Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU (Fattore di struttura).						
αu/α1	Rapporto di sovrarresistenza.						
Kw	Fattore di riduzione di q0.						

NOTE

[-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato

Categoria topografica

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i = 15^\circ$

T2: Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ = i = 30^\circ$

T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

VERIFICHE PER CARICO LIMITE SU FONDAZIONI DIRETTE

Verifiche per Carico Limite su fondazioni dirette

Descrizione	CS	Dimensioni e orientazione			Prof	Falda	Comp. Terreno	Coef. Cor. Terzaghi			Coef. Calc. Terzaghi			QMax	Qd, Rd	Intrv
		X	Y	Rtz				per N _q	per N _c	per N _γ	per N _q	per N _c	per N _γ			
		[m]	[m]	[°]				[m]	[m]				[N/mm ²]			
Platea 1	32.05	11.45	4.20	90.00	0.65	-	NON Coesivo	1.36	0.00	0.85	64.20	75.31	109.41	0.075	2.418	NO

LEGENDA - Verifiche per Carico Limite su fondazioni dirette

Descrizione	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS	Coefficiente di sicurezza [NS] = Non significativo.
Dimensioni	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
Prof	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Falda	Profondità di falda sotto l'elemento di fondazione dal piano campagna.
Comp. Terreno	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
Coef. Cor. Terzaghi	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Coef. Calc. Terzaghi	Coefficienti di calcolo per la formula di Terzaghi.
QMax	Carico Massimo di Progetto allo SLU.
Qd, Rd	Resistenza di progetto del terreno.
Intrv	[SI] = nodo con presenza di rinforzo; [NO] = nodo senza rinforzo.

PALI - VERIFICHE A CARICO LIMITE VERTICALE E ORIZZONTALE

pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

Palo	Nodo	QMaxVrt	QMaxOrz	QdVrt	QdVPnt	QdVLtrl	QdOrz	MMaxOrz	Tipo Rottura	Prof Cern	CS Vert	CS Oriz
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nm]		[m]		
PALO58	00040	21477	15949	473172	257681	215491	61830	87842	Palo Lungo	2.05	22.03	3.88
PALO59	00058	17537	15007	473172	257681	215491	61830	87842	Palo Lungo	2.05	26.98	4.12
PALO60	00059	17242	14248	473172	257681	215491	61830	87842	Palo Lungo	2.05	27.44	4.34

pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

Palo	Nodo	QMaxV	QMax	QdVrt	QdVPn	QdVLtr	QdOrz	MMax	Tipo	Prof	CS	CS
		rt	Orz		t	l		Orz	Rottur	Cern	Vert	Oriz
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nm]	a	[m]		
PALO61	00060	17084	13373	473172	257681	215491	61830	87842	Palo	2.05	27.70	4.62
PALO62	00061	17004	12698	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	27.83	4.87
PALO63	00062	17008	12710	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	27.82	4.86
PALO64	00063	17081	13049	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	27.70	4.74
PALO65	00064	17244	13613	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	27.44	4.54
PALO66	00065	17538	14140	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.98	4.37
PALO57	00066	16949	14285	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	27.92	4.33
PALO55	00067	16114	14327	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.36	4.32
PALO53	00068	15547	14359	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.43	4.31
PALO51	00069	15263	14389	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.00	4.30
PALO49	00070	15161	14420	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.21	4.29
PALO46	00071	15139	14447	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.26	4.28
PALO43	00072	15139	14473	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.26	4.27
PALO41	00073	15143	14500	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.25	4.26
PALO39	00074	15148	14529	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.24	4.26
PALO37	00075	15158	14560	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.22	4.25
PALO35	00076	15171	14592	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.19	4.24
PALO32	00077	15181	14505	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.17	4.26
PALO29	00078	15181	14557	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.17	4.25
PALO27	00079	15181	14615	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.17	4.23
PALO22	00080	15182	14679	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.17	4.21
PALO23	00081	16093	14799	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.40	4.18
PALO24	00082	17771	14930	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.63	4.14
PALO25	00083	20563	15101	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	23.01	4.09
PALO18	00039	20562	16276	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	23.01	3.80
PALO17	00084	17890	16039	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.45	3.85
PALO16	00085	16160	15801	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.28	3.91
PALO15	00086	15292	15574	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.94	3.97
PALO12	00087	15425	16036	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.68	3.86
PALO10	00088	15524	16476	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.48	3.75
PALO9	00089	15436	16338	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.65	3.78
PALO8	00090	15487	16255	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.55	3.80
PALO7	00091	15536	16410	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.46	3.77
PALO6	00092	15536	16582	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.46	3.73
PALO5	00093	15482	16779	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.56	3.68

pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

Palo	Nodo	QMaxVrt	QMaxOrz	QdVrt	QdVPnt	QdVLtrl	QdOrz	MMaxOrz	Tipo Rottura	Prof Cern	CS Vert	CS Oriz
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nm]		[m]		
PALO4	00094	15427	16983	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.67	3.64
PALO3	00095	15512	17190	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.50	3.60
PALO11	00096	15409	16828	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.71	3.67
PALO14	00097	15275	16416	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.98	3.77
PALO19	00098	15200	16060	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.13	3.85
PALO20	00099	15163	15985	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.21	3.87
PALO21	00100	15145	15922	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.24	3.88
PALO26	00101	15150	15862	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.23	3.90
PALO28	00102	15156	15806	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.22	3.91
PALO31	00103	15159	15676	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.21	3.94
PALO34	00104	15156	15646	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.22	3.95
PALO36	00105	15144	15614	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.24	3.96
PALO38	00106	15138	15583	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.26	3.97
PALO40	00107	15136	15544	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.26	3.98
PALO42	00108	15133	15506	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.27	3.99
PALO45	00109	15131	15468	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.27	4.00
PALO48	00110	15154	15425	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.22	4.01
PALO50	00111	15257	15380	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.01	4.02
PALO52	00112	15541	15332	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.45	4.03
PALO54	00113	16108	15279	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.37	4.05
PALO56	00114	16943	15218	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	27.93	4.06
PALO44	00041	20782	16278	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	22.77	3.80
PALO30	00042	21075	16477	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	22.45	3.75
PALO13	00046	20691	17149	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	22.87	3.61
PALO1	00054	21409	19597	473172	257681	215491	72263	110989	Lungo Palo	2.22	22.10	3.69
PALO2	00043	21410	18830	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	22.10	3.28
PALO33	00053	21003	14951	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	22.53	4.14
PALO47	00052	20777	14960	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	22.77	4.13
PALO67	00038	21457	14708	473172	257681	215491	61830	87842	Lungo Palo	2.05	22.05	4.20

LEGENDA pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

- Palo** Identificativo del palo.
- Nodo** Identificativo del nodo all'estremo superiore del palo.
- QMaxVrt** Carico verticale di progetto allo SLU.
- QMaxOrz** Carico orizzontale di progetto allo SLU.
- QdVrt** Resistenza di progetto verticale.
- QdVPnt** Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza alla punta.
- QdVLtrl** Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza laterale.
- QdOrz** Resistenza di progetto orizzontale.
- MMaxOrz** Momento massimo lungo il palo per carichi orizzontali.

pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

Palo	Nodo	QMaxV rt	QMax Orz	QdVrt	QdVPn t	QdVLtr l	QdOrz	MMax Orz	Tipo Rottur a	Prof Cern	CS Vert	CS Oriz
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nm]		[m]		

- Tipo Rottura** Modalita' di rottura per carico limite orizzontale (Palo Corto, Palo Medio, Palo Lungo).
Prof Cern Profondita' della seconda cerniera plastica.
CS Vert Coefficiente di sicurezza per carichi verticali: [NS]= Non significativo.
CS Oriz Coefficiente di sicurezza per carichi orizzontali: [NS]= Non significativo.

GEOTECNICA - VERIFICHE DEI CEDIMENTI DIFFERENZIALI

Geotecnica - Verifiche dei cedimenti differenziali				
ID	Ced. diff.	$(L/\Delta W)_{i-f}$	$(L/\Delta W)_{lim}$	CS
		[-]	[-]	
001	C0019-C0026	0.00	200	NS
002	C0026-C0025	0.00	200	NS
003	C0025-C0020	0.00	200	NS
004	C0015-C0022	0.00	200	NS
005	C0022-C0016	0.00	200	NS
006	C0015-C0021	0.00	200	NS
007	C0021-C0017	0.00	200	NS
008	C0016-C0023	0.00	200	NS
009	C0023-C0018	0.00	200	NS

LEGENDA Geotecnica - Verifiche dei cedimenti differenziali

- ID** Identificativo del cedimento riportato nella vista 3D.
Ced. diff. Identificativo del cedimento differenziale.
 $(L/\Delta W)_{i-f}$ Distorsione angolare. [NS] = Non Significativo - Per valori di $(L/\Delta W)_{i-f}$ maggiori o uguali di 50000.
 $(L/\Delta W)_{lim}$ Distorsione angolare limite ammissibile.
CS Coefficiente di sicurezza (rapporto fra distorsione angolare di calcolo e distorsione angolare ammissibile).

GEOTECNICA - VERIFICHE A SCORRIMENTO

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
elemento	dir.	N	M	T	F _{RD1}	F _{RD2}	F _{RD3}	F _{RD}	CS
		[N]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]		
Platea 1	B	2703466	-5033273	-883357	2062252	0	52678	2114931	2.39
	L	2704868	3517825	-724384	2063322	0	143662	2206983	3.05

LEGENDA Geotecnica - Verifiche a scorrimento

- elemento** Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
dir. Direzione di verifica : per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale y; [L]= asse globale x.
N, M, T Sforzo Normale, Momento e Taglio di progetto.
F_{RD1} Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
F_{RD2} Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
F_{RD3} Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
F_{RD} Resistenza allo scorrimento
CS Coefficienti di sicurezza: [NS] = Non Significativo - Per valori di CS maggiori o uguali a 100.

4 – ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI

Il presente documento riporta gli **elaborati grafici sintetici** in conformità a quanto previsto nel par. 10.2 del D.M. 14 gennaio 2008.

Tali elaborati hanno lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e possono riportare informazioni sintetiche e schemi relativi a carichi, sollecitazioni e sforzi, spostamenti, tensioni sul terreno, etc.

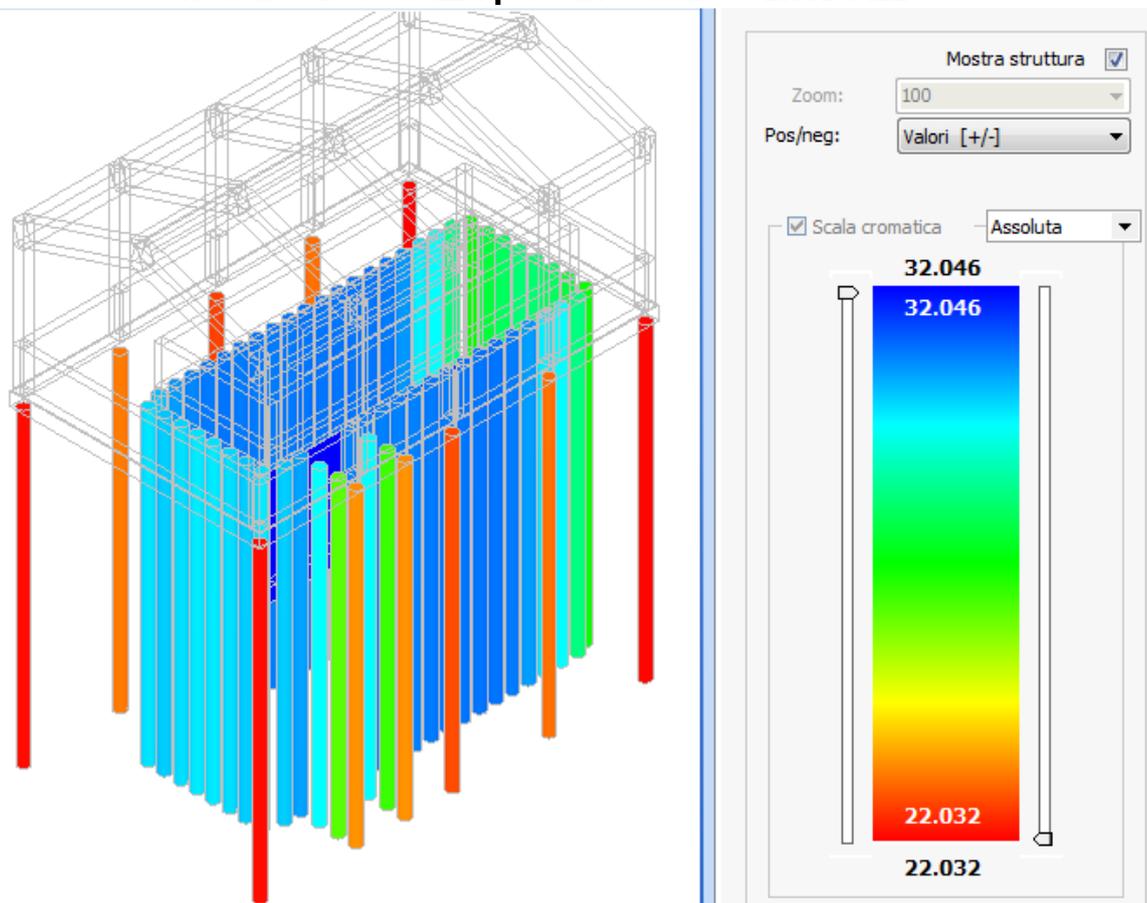
Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, si riportano delle rappresentazioni che ne sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa.

Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura.

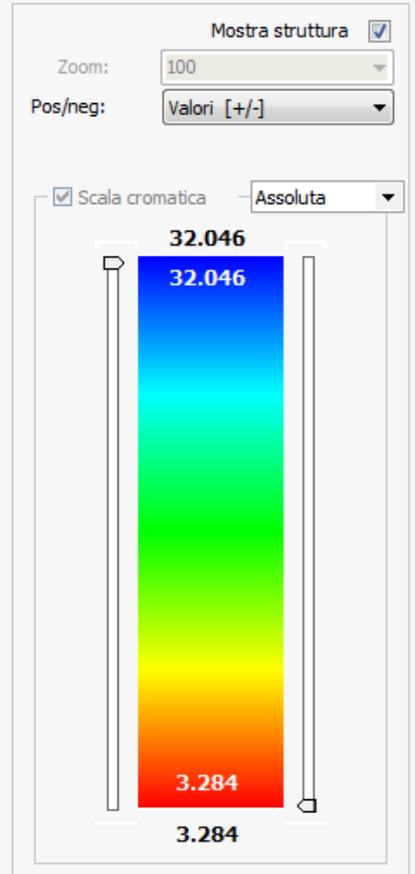
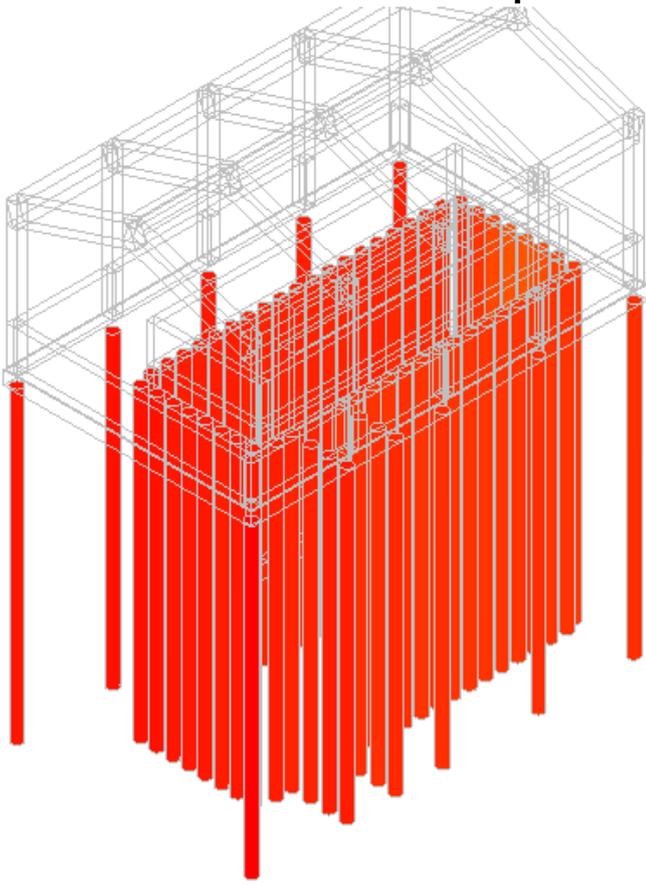
Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura. Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.

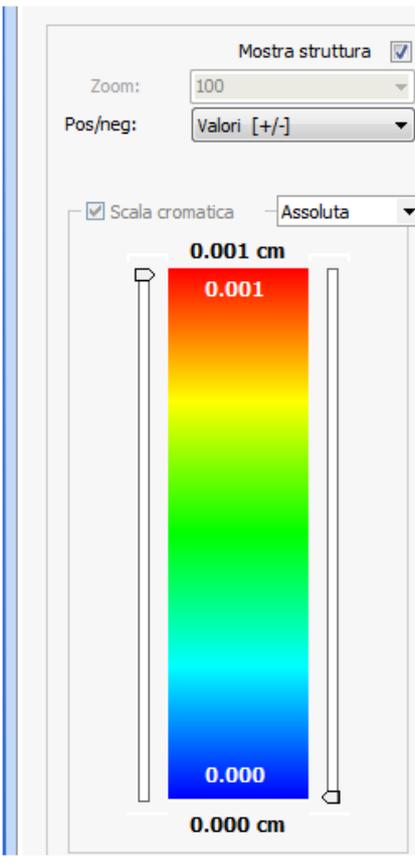
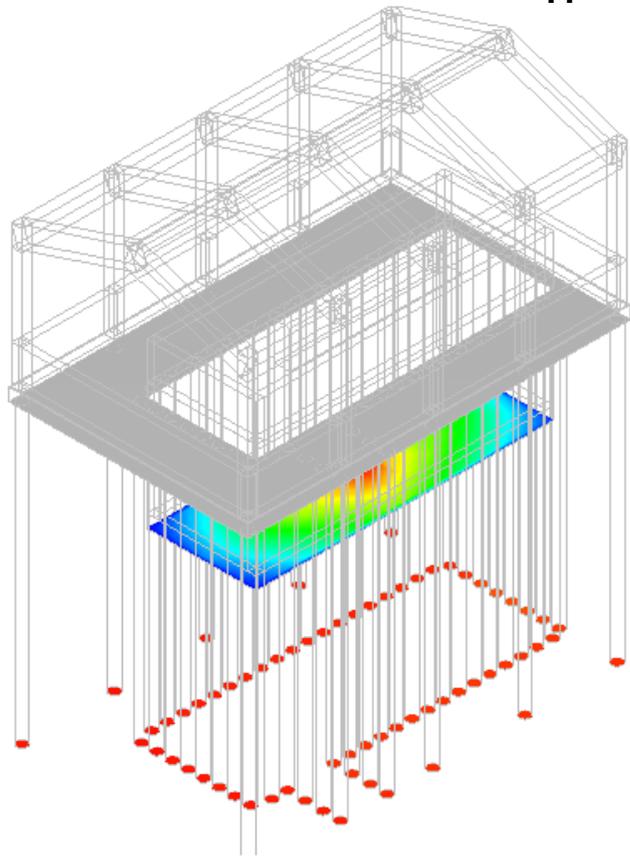
Coefficiente di sicurezza per carico limite VERTICALE



Coefficiente di sicurezza per carico limite ORIZZONTALE



Inviluppo cedimenti



5 - CONCLUSIONI

Le verifiche eseguite in merito alla stabilità globale e locale della struttura hanno dato esito positivo per l'opera di progetto, pertanto la struttura risulta verificata rispetto alla crisi locale e globale in ogni sua parte sia per forze statiche che per sollecitazione sismica nel rispetto dei D.M. Min. LL. PP. 14 Gennaio 2008.

Si rilascia per gli usi consentiti dalla legge.

Il Tecnico
Ing. Fabio Mastellone di Castelvetero

ALLEGATO ALLA RELAZIONE GEOTECNICA

N° 3

FONDAZIONE CORPO VASCA SOLLEVAMENTO

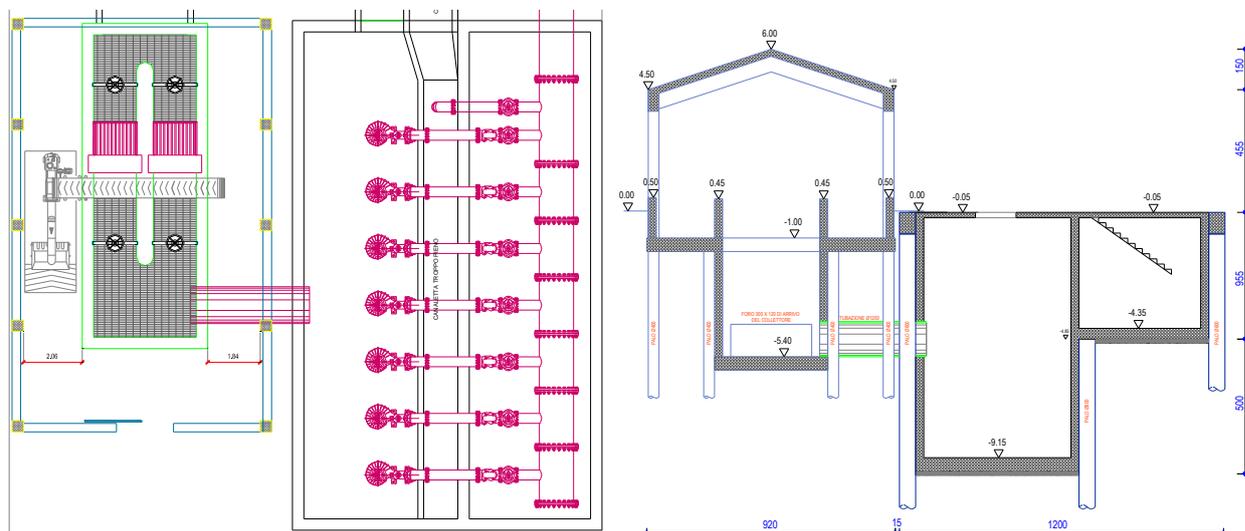
INDICE

INDICE	42
1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	43
2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	44
3 – TABULATO DI CALCOLO – FONDAZIONE CORPO UFFICI.....	45
4 – ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI	51
5 - CONCLUSIONI.....	53

1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

L'opera oggetto della presente relazione consiste in una stazione di sollevamento di liquami; l'impianto presenta tre corpi giuntati di cui uno adibito ad uffici, uno con funzione di grigliatura ed uno destinato all'alloggiamento delle pompe di sollevamento.

Il locale griglia ed il locale pompe sono ravvicinati e presentano un giunto sismico di circa 15 cm.



Il locale adibito alle pompe è di forma rettangolare ed è interamente interrato, una paratia di pali disposta lungo il perimetro protegge lo scavo da spostamenti del terreno laterale, un locale di comando è posto lateralmente alla vasca con pompe e presenta una quota di fondo superiore. L'impalcato del locale pompe è realizzato con una soletta da 20 cm di spessore poggiante sulle pareti da 30 cm di spessore a loro volta sostenuti dalle platee di fondazione.

Le azioni previste sulla struttura sono legate alla destinazione d'uso e sono rappresentate da:

- Ambienti suscettibili di grande affollamento: musei, sale da ballo, palestre, tribune, sale da concerto, palasport, ecc.
(Cat. C3 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a $5,0 \text{ kN/m}^2$;
- carichi accidentali per *Balconi, ballatoi e scale comuni*
(Cat. C2 – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008) pari a $4,0 \text{ kN/m}^2$;
- azione della neve;
- azione del vento;
- sisma.

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

"Norme tecniche per le Costruzioni"

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
(G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

C.N.R. – UNI 10011

"Istruzioni per il calcolo l'esecuzione e il montaggio"

UNI ENV 1993-1-1

"Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio Parte 1-1 regole generali e regole per gli edifici"

UNI 11104:2004

UNI EN 206-1:2006

UNI EN 197

DATI GENERALI ANALISI SISMICA

Dati generali analisi sismica												
Ang	NV	CD	MP	S	Mcm	PAC	EcA	IrT	TP	RP	RH	CVE
[ssdc]												
0	45	B	ca	P	N	A	N	N	C	SI	NO	5

Fattori di struttura

Dir. X			Dir. Y			Dir. Z
q	$\alpha u/\alpha 1$	Kw	q	$\alpha u/\alpha 1$	Kw	q
2.64	1.10	1.00	2.64	1.10	1.00	1.50

Stato Limite	Tr	Ag/g	Amplif. Stratigrafica		F0	T*c	Tb	Tc	Td
			Ss	Cc					
	[anni]	[adim]	[adim]	[adim]	[adim]	[s]	[s]	[s]	[s]
SLO	45	0.0577	1.500	1.554	2.333	0.305	0.158	0.474	1.831
SLD	75	0.0758	1.500	1.527	2.329	0.321	0.164	0.491	1.903
SLV	712	0.1942	1.418	1.494	2.422	0.344	0.171	0.513	2.377
SLC	1462	0.2419	1.336	1.489	2.509	0.347	0.172	0.517	2.568

Classe Edificio	Vita Nominale	Periodo di Riferimento	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Ampl. Topog.	
						Categoria	Coefficiente
	[anni]	[anni]	[°ssdc]	[°ssdc]	[m]		
3	50	75	40.8775	14.3419	25	T1	1.00

LEGENDA Dati generali analisi sismica

- Ang** Direzione di una componente dell'azione sismica rispetto all'asse X (sistema di riferimento globale); la seconda componente dell'azione sismica e' assunta con direzione ruotata di 90 gradi rispetto alla prima.
- NV** Nel caso di analisi dinamica, indica il numero di modi di vibrazione considerati.
- CD** Classe di duttilita': [A] = Alta - [B] = Bassa - [ND] = Non Dissipativa - [-] = Nessuna.
- MP** Tipo di materiale prevalente nella struttura: [ca] = calcestruzzo armato - [muOld] = muratura esistente - [muNew] = muratura nuova - [muArm] = muratura armata - [ac] = acciaio.
- S** Tipologia della struttura:
Cemento armato: [T] = Telaio - [P] = Pareti - [2P] = Due pareti per direzione non accoppiate - [DT] = Deformabili torsionalmente - [PI] = Pendolo inverso;
Muratura: [P] = un solo piano - [PP] = più di un piano;
Acciaio: [T] = Telaio - [CT] = controventi concentrici diagonale tesa - [CV] = controventi concentrici a V - [M] = mensola o pendolo invertito - [TT] = telaio con tamponature.
- Mcm** Struttura con telai multicampata: [N]=Nessuna direzione - [X]=Solo in direzione X - [Y]=Solo in direzione Y - [XY]=Sia in direzione X che Y.
- PAC** Presenza nella struttura di pareti accoppiate: [P] = presenti - [A] = Assenti
- EcA** Eccentricita' accidentale: [S] = considerata come condizione di carico statica aggiuntiva - [N] = Considerata come incremento delle sollecitazioni.
- IrT** Irregolarita' tamponature in pianta: [S] = Tamponature irregolari in pianta - [N] = Tamponature regolari in pianta.
- TP** Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione come definito al punto 3.2.2 del DM 14 gennaio 2008 'Nuove Norme tecniche per le costruzioni: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
- RP** Regolarita' in pianta: [S]= Struttura regolare - [N]=Struttura non regolare.
- RH** Regolarita' in altezza: [S]= Struttura regolare - [N]=Struttura non regolare.
- CVE** Coefficiente viscoso equivalente.
- Classe Edificio** Classe dell'edificio.
- Categ Topog** Categoria topografica. (Vedi NOTE)
- Coef** Coefficiente di amplificazione topografica.
- Ampl Topog** Coefficiente di amplificazione topografica.
- Tr** Periodo di ritorno dell'azione sismica.
- Ag/g** Coefficiente di accelerazione al suolo.
- Ss** Coefficienti di Amplificazione Stratigrafica allo SLO / SLD / SLV / SLC.
- Cc** Coefficienti di Amplificazione di Tc allo SLO / SLD / SLV / SLC.
- F0** Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

Classe Edificio	Vita Nominale	Periodo di Riferimento	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Ampl. Topog.	
						Categoria	Coefficiente
	[anni]	[anni]	[°ssdc]	[°ssdc]	[m]		
T[*]c	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.						
Tb	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro di progetto.						
Tc	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di progetto.						
Td	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro di progetto.						
Latitudine	Latitudine geografica del sito (in datum ED50).						
Longitudine	Longitudine geografica del sito (in datum ED50).						
Altitudine	Altitudine geografica del sito.						
q	Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU (Fattore di struttura).						
αu/α1	Rapporto di sovrarigidità.						
Kw	Fattore di riduzione di q0.						

NOTE

[-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato

Categoria topografica

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i = 15^\circ$

T2: Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ = i = 30^\circ$

T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

VERIFICHE PER CARICO LIMITE SU FONDAZIONI DIRETTE

Verifiche per Carico Limite su fondazioni dirette

Descrizione	CS	Dimensioni e orientazione			Prof	Falda	Comp. Terreno	Coef. Cor. Terzaghi			Coef. Calc. Terzaghi			QMax	Qd, Rd	Intr v
		X	Y	Rtz				per N _q	per N _c	per N _γ	per N _q	per N _c	per N _γ			
		[m]	[m]	[°]				[m]	[m]				[N/mm ²]			
Platea 1	9.97	18.00	6.10	90.00	0.65	-	NON Coesivo	0.40	0.00	0.15	64.20	75.31	109.41	0.050	0.495	NO

LEGENDA - Verifiche per Carico Limite su fondazioni dirette

Descrizione	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS	Coefficiente di sicurezza [NS] = Non significativo.
Dimensioni	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
Prof	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Falda	Profondità di falda sotto l'elemento di fondazione dal piano campagna.
Comp. Terreno	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
Coef. Cor. Terzaghi	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Coef. Calc. Terzaghi	Coefficienti di calcolo per la formula di Terzaghi.
QMax	Carico Massimo di Progetto allo SLU.
Qd, Rd	Resistenza di progetto del terreno.
Intr v	[SI] = nodo con presenza di rinforzo; [NO] = nodo senza rinforzo.

PALI - VERIFICHE A CARICO LIMITE VERTICALE E ORIZZONTALE

pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

Palo	Nodo	QMaxVrt	QMaxOrz	QdVrt	QdVPnt	QdVLtrl	QdOrz	MMaxOrz	Tipo Rottura	Prof Cern	CS Vert	CS Oriz
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nm]		[m]		
PALO92	00106	28631	11107	899071	443147	455924	61830	87842	Palo Lungo	2.05	31.40	5.57
PALO65	00115	32367	19763	899071	443147	455924	61830	87842	Palo Lungo	2.05	27.78	3.13
PALO34	00124	29134	12766	899071	443147	455924	61830	87842	Palo Lungo	2.05	30.86	4.84
PALO89	00107	29068	12417	899071	443147	455924	61830	87842	Palo Lungo	2.05	30.93	4.98

pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

Palo	Nodo	QMaxV	QMax	QdVrt	QdVPn	QdVLtr	QdOrz	MMax	Tipo	Prof	CS	CS
		rt	Orz		t	l		Orz	Rottur	Cern	Vert	Oriz
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nm]	a	[m]		
PALO62	00116	32625	20041	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	27.56	3.09
PALO31	00125	28687	11435	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.34	5.41
PALO20	00054	27814	6303	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	32.32	9.81
PALO86	00108	29585	13705	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.39	4.51
PALO55	00117	32434	19592	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	27.72	3.16
PALO28	00126	28772	10094	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.25	6.13
PALO83	00109	30119	14937	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.85	4.14
PALO52	00118	32075	19031	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	28.03	3.25
PALO25	00127	29167	8820	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.82	7.01
PALO80	00110	30605	16063	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.38	3.85
PALO49	00119	31690	18314	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	28.37	3.38
PALO23	00128	29188	7647	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.80	8.09
PALO104	00051	27901	6340	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	32.22	9.75
PALO77	00111	31055	17087	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	28.95	3.62
PALO46	00120	31281	17441	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	28.74	3.55
PALO101	00103	29140	7455	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.85	8.29
PALO74	00112	31450	17982	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	28.59	3.44
PALO43	00121	30781	16437	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.21	3.76
PALO98	00104	29223	8589	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.77	7.20
PALO71	00113	31795	18726	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	28.28	3.30
PALO40	00122	30240	15305	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.73	4.04
PALO96	00105	28856	9823	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	31.16	6.29
PALO69	00114	32104	19327	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	28.00	3.20
PALO38	00123	29706	14072	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.27	4.39
PALO107	00051	27901	6340	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	32.22	9.75
PALO108	00102	29923	5618	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.05	11.01
PALO109	00101	30473	5897	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.50	10.48
PALO110	00100	30376	6157	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.60	10.04
PALO111	00099	30105	6272	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.86	9.86
PALO112	00098	29885	6209	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.08	9.96
PALO113	00097	29764	6033	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.21	10.25
PALO114	00096	29709	5820	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.26	10.62
PALO115	00095	29682	5602	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.29	11.04
PALO116	00094	29658	5403	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.31	11.44

pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

Palo	Nodo	QMaxV	QMax	QdVrt	QdVPn	QdVLtr	QdOrz	MMax	Tipo	Prof	CS	CS
		rt	Orz		t	l		Orz	Rottur	Cern	Vert	Oriz
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nm]	a	[m]		
PALO117	00052	29557	5295	899071	443147	455924	61830	87842	Palo	2.05	30.42	11.68
PALO118	00005	18940	5142	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	23.15	12.02
PALO119	00006	18609	5066	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	23.56	12.20
PALO120	00007	18301	5007	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	23.96	12.35
PALO121	00008	18039	4966	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	24.31	12.45
PALO122	00009	17805	4949	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	24.63	12.49
PALO123	00010	17683	5069	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	24.80	12.20
PALO124	00011	17404	5310	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.19	11.64
PALO125	00053	17099	5586	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.64	11.07
PALO106	00053	17099	5586	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.64	11.07
PALO103	00012	17334	5505	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.30	11.23
PALO100	00013	17329	5439	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.30	11.37
PALO97	00014	17178	5432	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.53	11.38
PALO95	00015	17002	5462	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.79	11.32
PALO91	00016	16845	5485	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.03	11.27
PALO88	00017	16730	5504	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.21	11.23
PALO85	00018	16632	5665	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.36	10.91
PALO82	00019	16554	5840	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.49	10.59
PALO79	00020	16492	5998	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.59	10.31
PALO76	00021	16441	6137	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.67	10.07
PALO73	00022	16405	6260	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.73	9.88
PALO70	00023	16400	6352	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.74	9.73
PALO68	00024	16399	6425	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.74	9.62
PALO64	00025	16393	6482	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.75	9.54
PALO61	00026	16393	6520	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.75	9.48
PALO59	00027	16390	6532	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.75	9.47
PALO58	00028	16388	6544	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.76	9.45
PALO54	00029	16386	6507	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.76	9.50
PALO51	00030	16387	6488	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.76	9.53
PALO48	00031	16420	6452	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.70	9.58
PALO45	00032	16461	6389	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.64	9.68
PALO42	00033	16518	6318	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.55	9.79
PALO39	00034	16591	6218	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.43	9.94
PALO37	00035	16689	6087	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.27	10.16
PALO33	00036	16822	5895	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	26.07	10.49

pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

Palo	Nodo	QMaxV	QMax	QdVrt	QdVPn	QdVLtr	QdOrz	MMax	Tipo	Prof	CS	CS
		rt	Orz		t	l		Orz	Rottur	Cern	Vert	Oriz
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nm]	a	[m]		
PALO30	00037	16994	5619	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.80	11.00
PALO27	00038	17163	5348	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.55	11.56
PALO24	00039	17263	5173	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.40	11.95
PALO22	00055	17271	5152	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.39	12.00
PALO2	00064	29744	5547	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.23	11.15
PALO1	00054	27814	6303	899071	443147	455924	93403	163097	Lungo Palo	2.52	32.32	14.82
PALO3	00063	30429	5830	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.55	10.61
PALO4	00062	30389	6118	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.59	10.11
PALO5	00061	30118	6276	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	29.85	9.85
PALO6	00060	29868	6245	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.10	9.90
PALO7	00059	29702	6058	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.27	10.21
PALO8	00058	29589	5821	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.39	10.62
PALO9	00057	29493	5581	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.48	11.08
PALO10	00056	29416	5482	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.56	11.28
PALO11	00137	29281	5451	899071	443147	455924	61830	87842	Lungo Palo	2.05	30.70	11.34
PALO12	00040	18805	5311	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	23.32	11.64
PALO13	00041	18486	5220	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	23.72	11.84
PALO14	00042	18181	5126	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	24.12	12.06
PALO15	00043	17946	5022	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	24.43	12.31
PALO16	00044	17807	4931	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	24.62	12.54
PALO17	00045	17847	4865	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	24.57	12.71
PALO18	00046	17680	4908	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	24.80	12.60
PALO19	00055	17271	5152	438492	243806	194686	61830	87842	Lungo Palo	2.05	25.39	12.00
PALO105	00093	24952	5082	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	33.13	12.17
PALO102	00092	22158	5621	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	37.31	11.00
PALO99	00091	20350	6334	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	40.63	9.76
PALO94	00090	19596	6956	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	42.19	8.89
PALO93	00089	19397	7515	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	42.62	8.23
PALO90	00088	19365	8029	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	42.69	7.70
PALO87	00087	19397	8483	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	42.62	7.29
PALO84	00086	19437	8889	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	42.53	6.96
PALO81	00085	19463	9243	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	42.48	6.69
PALO78	00084	19475	9542	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	42.45	6.48
PALO75	00083	19479	9786	826739	399762	426977	61830	87842	Lungo Palo	2.05	42.44	6.32

pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

Palo	Nodo	QMaxVrt	QMaxOrz	QdVrt	QdVPnt	QdVLtrl	QdOrz	MMaxOrz	Tipo Rottura	Prof Cern	CS Vert	CS Oriz
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nm]		[m]		
PALO72	00082	19479	9967	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.44	6.20
PALO67	00081	19475	10088	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.45	6.13
PALO66	00080	19477	10158	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.45	6.09
PALO63	00079	19480	10209	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.44	6.06
PALO60	00078	19480	10194	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.44	6.07
PALO57	00077	19475	10118	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.45	6.11
PALO56	00076	19478	9990	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.44	6.19
PALO53	00075	19480	9888	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.44	6.25
PALO50	00074	19478	9656	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.44	6.40
PALO47	00073	19471	9369	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.46	6.60
PALO44	00072	19448	9028	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.51	6.85
PALO41	00071	19408	8629	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.60	7.17
PALO36	00070	19369	8185	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.68	7.55
PALO35	00069	19395	7688	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.63	8.04
PALO32	00068	19549	7137	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	42.29	8.66
PALO29	00067	20168	6527	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	40.99	9.47
PALO26	00066	21745	5825	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	38.02	10.61
PALO21	00065	24296	5074	826739	399762	426977	61830	87842	Palo Lungo	2.05	34.03	12.19

LEGENDA pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale

- Palo** Identificativo del palo.
- Nodo** Identificativo del nodo all'estremo superiore del palo.
- QMaxVrt** Carico verticale di progetto allo SLU.
- QMaxOrz** Carico orizzontale di progetto allo SLU.
- QdVrt** Resistenza di progetto verticale.
- QdVPnt** Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza alla punta.
- QdVLtrl** Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza laterale.
- QdOrz** Resistenza di progetto orizzontale.
- MMaxOrz** Momento massimo lungo il palo per carichi orizzontali.
- Tipo Rottura** Modalita' di rottura per carico limite orizzontale (Palo Corto, Palo Medio, Palo Lungo).
- Prof Cern** Profondita' della seconda cerniera plastica.
- CS Vert** Coefficiente di sicurezza per carichi verticali: [NS]= Non significativo.
- CS Oriz** Coefficiente di sicurezza per carichi orizzontali: [NS]= Non significativo.

GEOTECNICA - VERIFICHE DEI CEDIMENTI DIFFERENZIALI

Geotecnica - Verifiche dei cedimenti differenziali				
ID	Ced. diff.	$(L/\Delta W)_{i-f}$	$(L/\Delta W)_{lim}$	CS
		[-]	[-]	
001	C0015-C0010	0.00	200	NS

LEGENDA Geotecnica - Verifiche dei cedimenti differenziali

- ID** Identificativo del cedimento riportato nella vista 3D.
- Ced. diff.** Identificativo del cedimento differenziale.
- $(L/\Delta W)_{i-f}$** Distorsione angolare. [NS] = Non Significativo - Per valori di $(L/\Delta W)_{i-f}$ maggiori o uguali di 50000.
- $(L/\Delta W)_{lim}$** Distorsione angolare limite ammissibile.
- CS** Coefficiente di sicurezza (rapporto fra distorsione angolare di calcolo e distorsione angolare ammissibile).

GEOTECNICA - VERIFICHE A SCORRIMENTO

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
elemento	dir.	N	M	T	F _{RD1}	F _{RD2}	F _{RD3}	F _{RD}	CS
		[N]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]		
Platea 1	B	9213094	7482635	1419689	7027913	0	76510	7104423	5.00
	L	4369986	-5835477	2224437	3333503	0	225768	3559271	1.60

LEGENDA Geotecnica - Verifiche a scorrimento

- elemento** Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
- dir.** Direzione di verifica : per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale y; [L]= asse globale x.
- N, M, T** Sforzo Normale, Momento e Taglio di progetto.
- F_{RD1}** Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
- F_{RD2}** Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
- F_{RD3}** Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
- F_{RD}** Resistenza allo scorrimento
- CS** Coefficienti di sicurezza: [NS] = Non Significativo - Per valori di CS maggiori o uguali a 100.

4 – ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI

Il presente documento riporta gli **elaborati grafici sintetici** in conformità a quanto previsto nel par. 10.2 del D.M. 14 gennaio 2008.

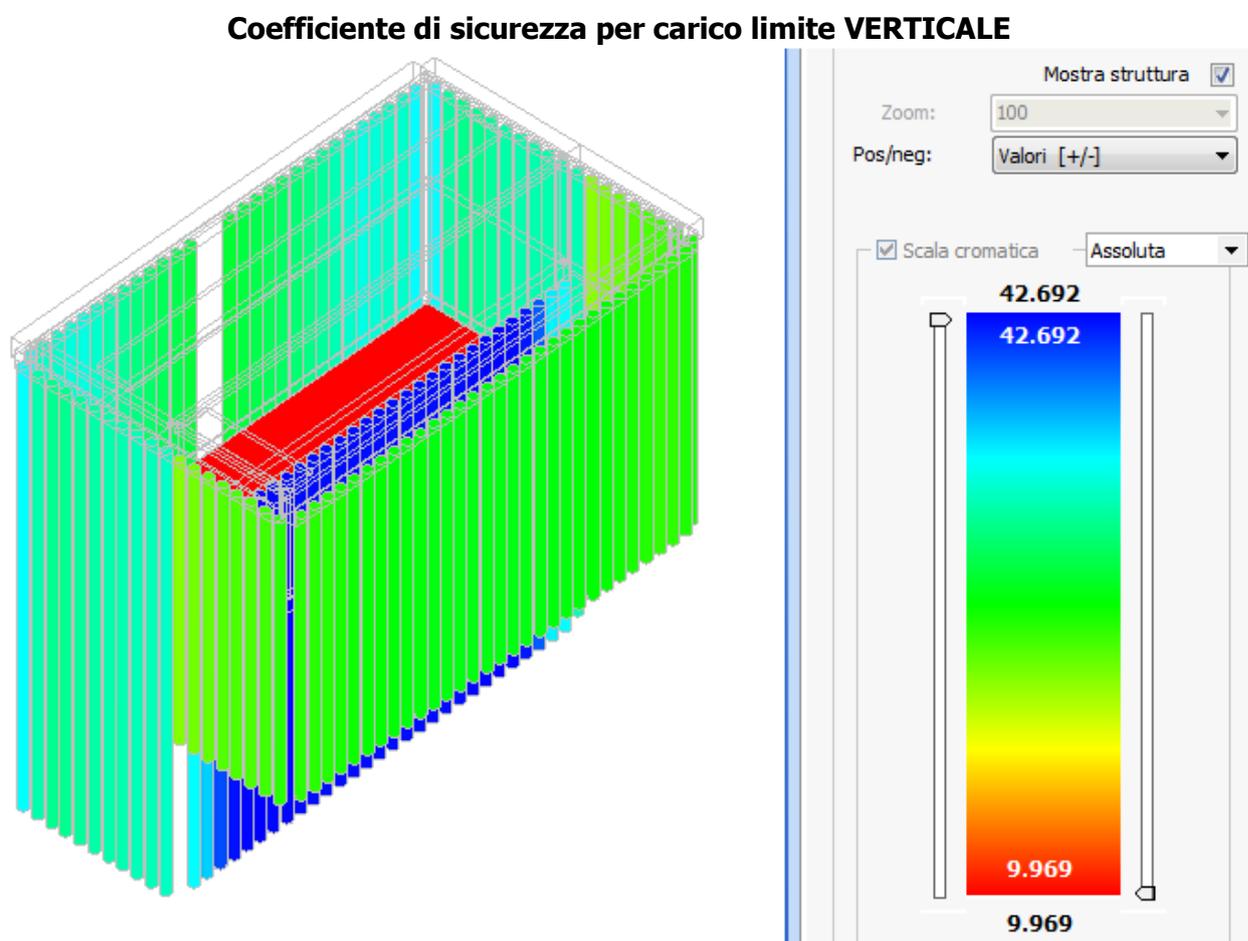
Tali elaborati hanno lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e possono riportare informazioni sintetiche e schemi relativi a carichi, sollecitazioni e sforzi, spostamenti, tensioni sul terreno, etc.

Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, si riportano delle rappresentazioni che ne sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa.

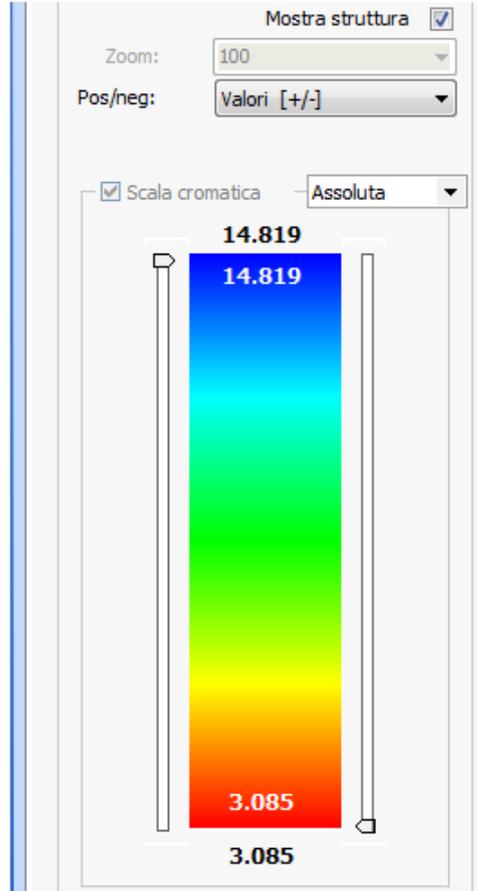
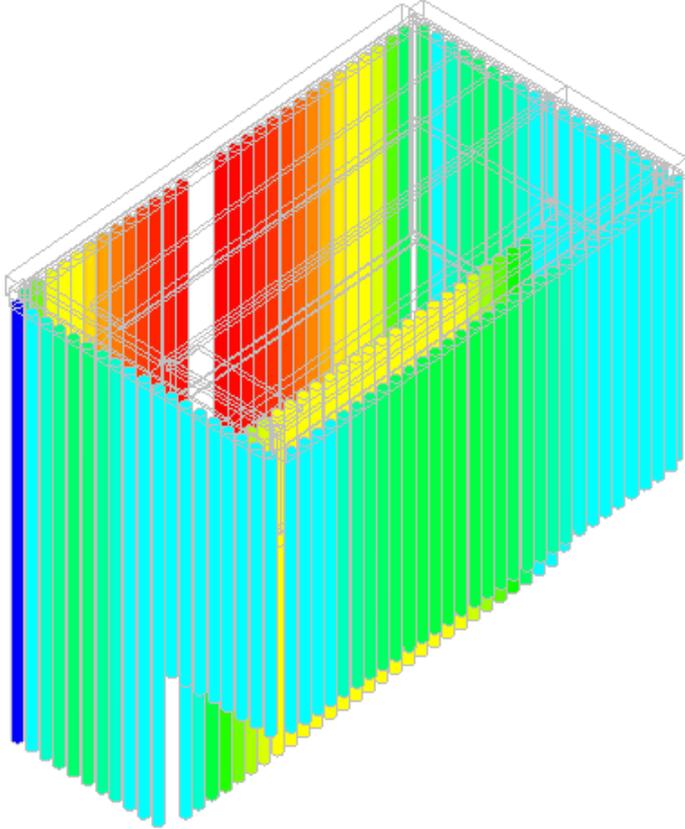
Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura.

Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura. Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

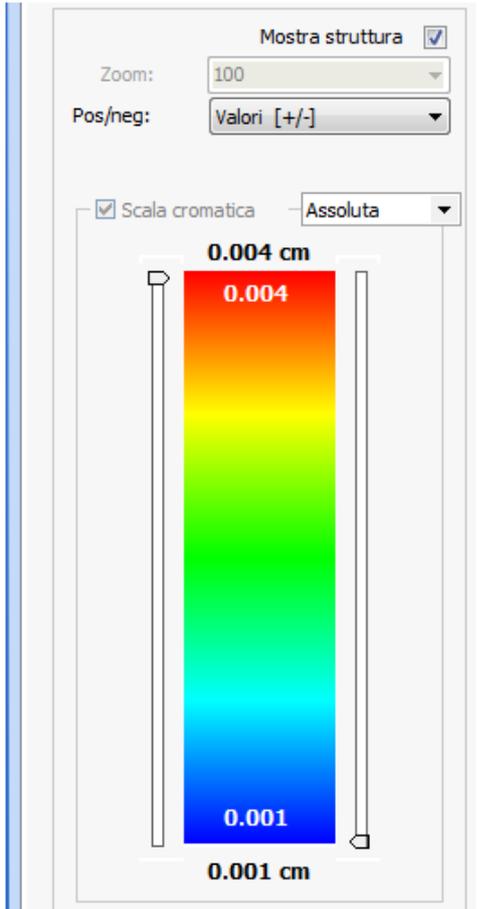
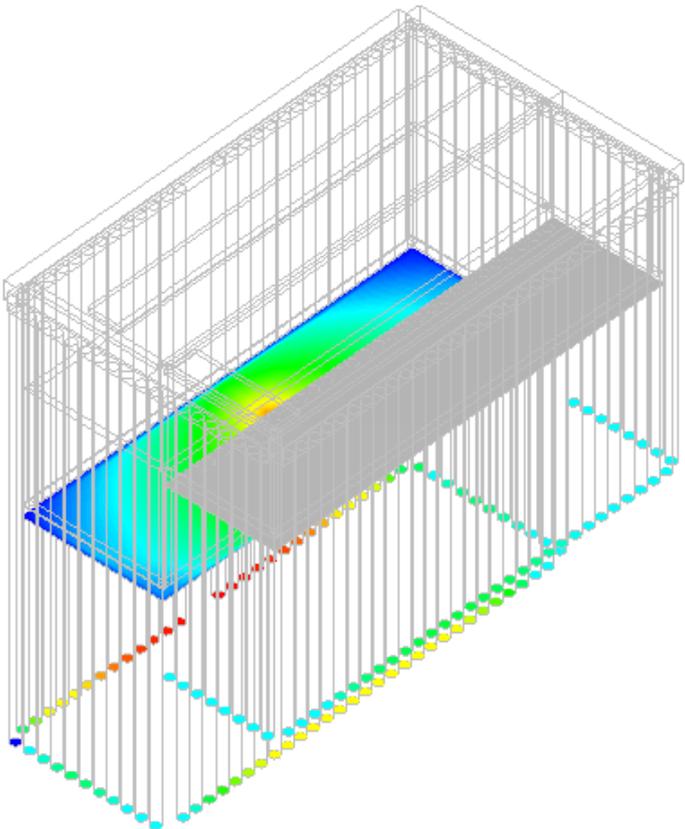
Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.



Coefficiente di sicurezza per carico limite ORIZZONTALE



Inviluppo cedimenti



5 - CONCLUSIONI

Le verifiche eseguite in merito alla stabilità globale e locale della struttura hanno dato esito positivo per l'opera di progetto, pertanto la struttura risulta verificata rispetto alla crisi locale e globale in ogni sua parte sia per forze statiche che per sollecitazione sismica nel rispetto dei D.M. Min. LL. PP. 14 Gennaio 2008.

Si rilascia per gli usi consentiti dalla legge.

Il Tecnico
Ing. Fabio Mastellone di Castelvete