

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: CITTA' METROPOLITANA DI BARI

COMUNE: CASSANO DELLE MURGE E ACQUAVIVA DELLE FONTI

ELABORATO:

R.9

OGGETTO:

**PARCO EOLICO COMPOSTO DA 8 WTG da
6,0MW/CAD E SISTEMA DI ACCUMULO
DELL'ENERGIA**

PROGETTO DEFINITIVO

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

PROPONENTE:



SCS 07 S.R.L.

Via Generale Giacinto Antonelli 3
70043 MONOPOLI (BA)

scs07@pec.it

PROGETTISTA:



STIM ENGINEERING S.r.l.
VIA GARRUBA, 3 - 70121 BARI
Tel. 080.5210232 - Fax 080.5234353
www.stimeng.it - segreteria@stimeng.it

ing. Massimo CANDEO

Ordine Ing. Bari n° 3755
Via Canello Rotto, 3
70125 Bari
Mobile 328.9569922
m.candeo@pec.it

COLLABORAZIONE:

ing. Marco Evangelista
Ordine Ing. Bari n° 4245

Note:

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
Novembre 2021	0	Emissione	ing. Marco Evangelista	ing. Massimo Candeo

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE
SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

INDICE

1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	3
1.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IN GENERALE	3
1.2	FASI DI LAVORO PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO.....	6
1.3	DATI STRUTTURALI DI PROGETTO	7
3	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	9
4	INPUT DI MODELLAZIONE NUMERICA FEM.....	10
4.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI CASSANO.....	10
4.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	14
4.3	IPOSTESI DI PROGETTO E PARAMETRI SISMICI	15
4.4	CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE: EFFICACIA DEL MODELLO	16
5	ANALISI STRUTTURALE	18
5.1	VALORI DI PROGETTO DELLA RESISTENZA DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	18
5.2	PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO DI FONDAZIONE.....	18
5.3	ACCIAIO PER OPERE IN C.A.	19
5.4	DEFINIZIONE DEL COPRIFERRO.....	19
5.5	CLASSE DI ESPOSIZIONE.....	20
5.6	AZIONI DI PROGETTO	20
5.7	COMBINAZIONI DI CARICO	21
5.8	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)	23
6	DATI.....	25
6.1	MATERIALI	25
6.2	GEOMETRIA	25
6.3	SPESSORI PIASTRA	26
6.4	DESCRIZIONE TERRENI.....	26
6.5	CARICHI.....	31
6.6	DETTAGLI CALCOLO CAPACITA' PORTANTE.....	35
6.7	VERIFICHE GEOTECNICHE	36
6.8	VERIFICHE STRUTTURALI	36
6.9	VERIFICA EQUILIBRIO DI CORPO RIGIDO	40
6.10	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	41
6.11	VALUTAZIONE DELLA RIGIDEZZA ROTAZIONALE DINAMICA (DRS)	44
7	METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI.	45

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

1.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IN GENERALE

La presente proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione industriale di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da:

8 aerogeneratori (WTG) ad asse orizzontale, ciascuno di potenza nominale pari a 6,0 MW, per una potenza elettrica complessiva pari a 48 MW da realizzarsi in agro del Comune di Cassano delle Murge e Acquaviva delle fonti (BA). Inoltre verrà installato un sistema di accumulo dell'energia da 24 MW ubicato in agro del comune di Acquaviva delle fonti. La Stazione elettrica Terna di nuova realizzazione sarà realizzata non molto distante dalla SSE, ma nel territorio comunale di Casamassima (BA).

La società proponente è SCS 07 S.R.L., Via Generale Giacinto Antonelli 3, 70043 MONOPOLI (BA)

L'impianto in scala ampia è posizionato come indicato nella seguente ortofoto.

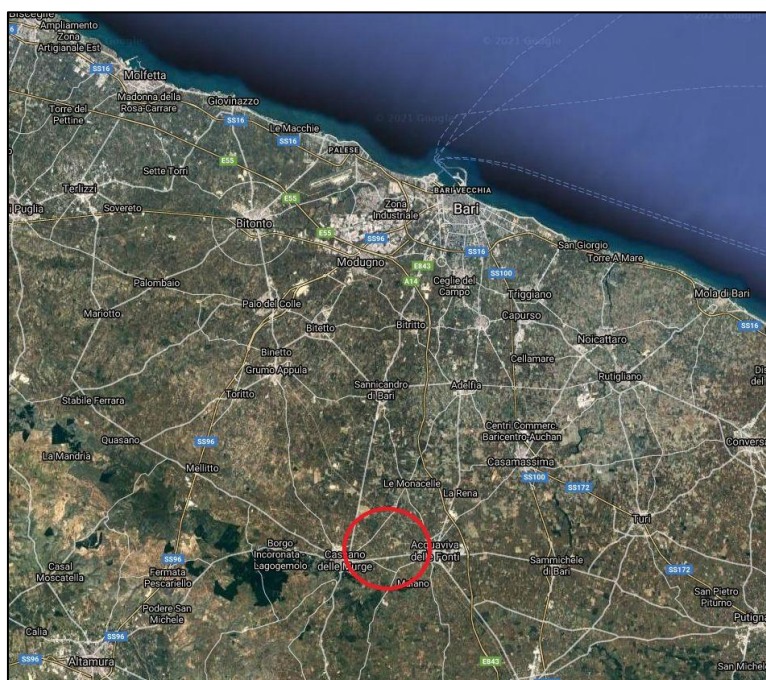


Fig. Inquadramento Impianto su scala ampia

Di seguito alla stessa il layout d'impianto in scala più ristretta.

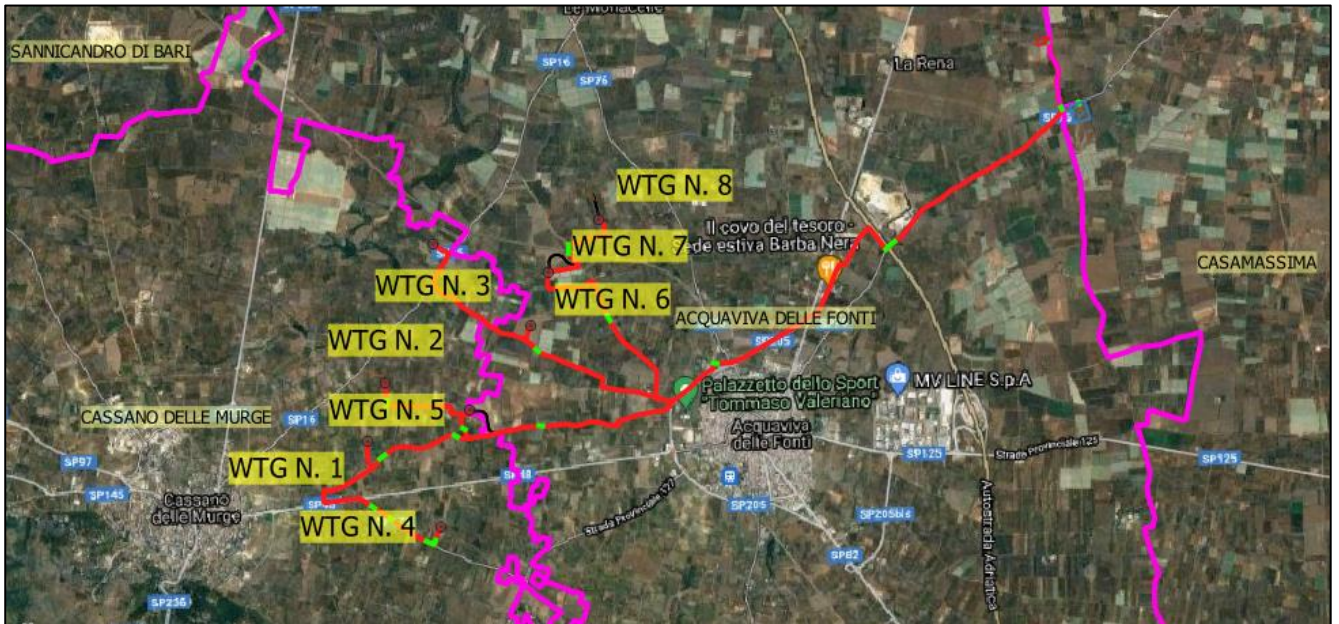


Fig. 2.2 - Layout impianto su Ortofoto

Il Layout dell'impianto è schematicamente indicato nella precedente figura, comunque sarà meglio dettagliato nelle **Tavole di Progetto**.

L'aerogeneratore impiegato nel presente progetto è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a **115 mt** dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a **170 m**, per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di **200 mt** rispetto al suolo.

Potrebbe essere impiegata una turbina eolica del tipo **SG 6.0-170 SIEMENS Gamesa da 6,0 MW o similare**.

Immediatamente prima della realizzazione si opterà per il modello fra i più performanti disponibili al momento, fermo restando che quello che sarà installato manterrà gli stessi parametri geometrici precedentemente indicati e le medesime emissioni acustiche, tenendo conto delle caratteristiche anemometriche proprie del sito e le altre esigenze di impianto.

A servizio degli aerogeneratori saranno realizzate le seguenti OPERE EDILI:

- realizzazione di viabilità di accesso all'area ed ai punti macchina,
- realizzazione delle piazzole di cantiere e definitive;
- posa dei cavidotti di impianto;
- fondazioni per gli aerogeneratori;
- sistemazione dell'area Sotto Stazione Elettrica Utente;
- fondazioni per componenti elettromeccaniche nella stessa;
- ripristini nell'area a fine cantiere.

Per lo stesso scopo saranno realizzate le seguenti OPERE ELETTRICHE:

OPERE DI UTENZA:

- realizzazione di una SOTTO STAZIONE UTENTE di connessione e consegna AT/MT, ubicata all'interno dei confini amministrativi del Comune di Acquaviva delle fonti (BA), nelle vicinanze della citata stazione elettrica TERNA di nuova realizzazione sita in agro del Comune di Casamassima (BA);
- posa in opera di cavi interrati MT per il trasporto dell'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori d'impianto alla SOTTO STAZIONE ELETTRICA UTENTE (SSEU) di connessione e consegna AT/MT.

Il collegamento elettrico tra l'area d'installazione degli aerogeneratori e la stazione MT/AT per l'innalzamento della tensione dell'energia elettrica prodotta dal parco eolico a 150kV, per la successiva connessione alla rete di trasmissione nazionale, gestita da TERNA SpA, sarà realizzato mediante la messa in opera, all'interno del medesimo scavo a sezione ristretta, dei cavidotti (in numero variabile in funzione della tratta considerata) a 30 kV afferenti a sotto-campi in cui è stato elettricamente suddiviso l'impianto.

OPERE DI RETE:

- posa in opera di cavo AT 150kV per il trasporto dell'energia elettrica dalla SOTTO STAZIONE UTENTE di connessione e consegna AT/MT allo stallo dedicato della stazione TERNA Spa.

Si rimanda agli elaborati grafici di riferimento per la visualizzazione del tracciato di posa in opera dei cavidotti interrati e la posizione geografica delle sopra citate stazioni elettriche.

1.2 FASI DI LAVORO PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

La realizzazione dell'intervento proposto riguarderà le AREE d'installazione delle WTG non necessariamente contemporaneamente attivate:

- apertura cantiere;
- interventi sulla viabilità esistente, al fine di rendere possibile il transito dei mezzi speciali per il trasporto degli elementi degli aerogeneratori;
- realizzazione delle piste d'accesso alla piazzole, che dalla viabilità interpodereale esistente consentano il transito dei mezzi di cantiere, per il raggiungimento dell'area d'installazione di ciascun aerogeneratore;
- realizzazione delle piazzole per l'installazione degli aerogeneratori;
- scavi a sezione larga per la realizzazione della fondazione di macchina e scavi a sezione ristretta per la messa in opera dei cavidotti;
- realizzazione delle fondazioni di macchina;
- installazione degli aerogeneratori;
- realizzazione della stazione elettrica di connessione e consegna;
- installazione cabina di sezionamento/parallelo;
- messa in opera dei cavidotti interrati;
- realizzazione della connessione elettrica d'impianto alla rete di trasmissione gestita da TERNA.

Qui di seguito una possibile suddivisione delle FASI DI LAVORO:

- preparazione del cantiere attraverso i rilievi sull'area e picchettamento delle aree di intervento;
- apprestamento delle aree di cantiere;
- realizzazione delle piste d'accesso all'area di intervento dei mezzi di cantiere;
- livellamento e preparazione delle piazzole;
- modifica della viabilità esistente fino alla finitura per consentire l'accesso dei mezzi di trasporto delle componenti degli aerogeneratori;
- realizzazione delle fondazioni in ciascuna piazzola (scavi, casseforme, armature, getto cls, disarmi, riempimenti);
- montaggio aerogeneratori;
- montaggio impianto elettrico aerogeneratori;
- posa cavidotto in area piazzola e pista di accesso;
- finitura piazzola e pista;
- posa cavidotti di collegamento tra gli aerogeneratori; posa cavidotti di collegamento alla

stazione elettrica di connessione e consegna MT/AT (scavi, posa cavidotti, riempimenti, finitura) compresa la risoluzione di eventuali interferenze; posa cavidotto di collegamento tra la stazione elettrica MT/AT lo stallo dedicato della stazione RTN esistente;

- preparazione area stazione elettrica MT/AT (livellamento, scavi e rilevati);
- preparazione area cabina elettrica di sezionamento/parallelo (livellamento, scavi e rilevati);
- fondazioni stazione elettrica MT/AT;
- montaggio stazione elettrica MT/AT;
- fondazioni cabina elettrica sezionamento/parallelo ed installazione della stessa;
- cavidotti interrati interni: opere edili;
- cavidotti interrati interni: opere elettriche;
- impianto elettrico MT/AT di connessione e consegna;
- collaudi impianto elettrico generazione e trasformazione;
- opere di ripristino e mitigazione ambientale;
- conferimento inerti provenienti dagli scavi e dai movimenti terra;
- posa terreno vegetale per favorire recupero situazione preesistente.

1.3 DATI STRUTTURALI DI PROGETTO

L'aerogeneratore impiegato nel presente progetto è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a 115 mt dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a 170m (lunghezza pala 85 mt circa), per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di 200 mt.

Come detto potrebbe essere impiegata una turbina eolica del tipo **SG 6.0-170 SIEMENS Gamesa da 6,0 MW o similare**.

L'ancoraggio alle fondazioni in oggetto avverrà tramite opportuno sistema di ancoraggio fornito dal costruttore delle turbine e precisamente tramite 104+104 tirafondi precaricati preassemblati su due flange, superiore ed inferiore, la cui circonferenza media avrà un diametro pari a mt 4,35 come da documento "**D2370721-004 SGRE ON SG 6.0-170 Foundation loads T115-50**".

La struttura di fondazione è costituita da:

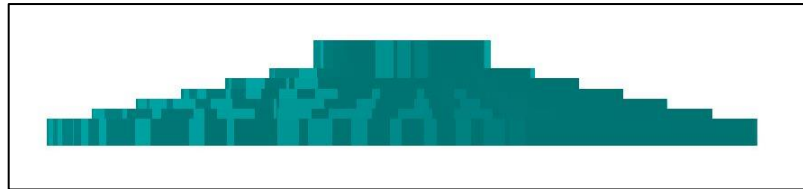
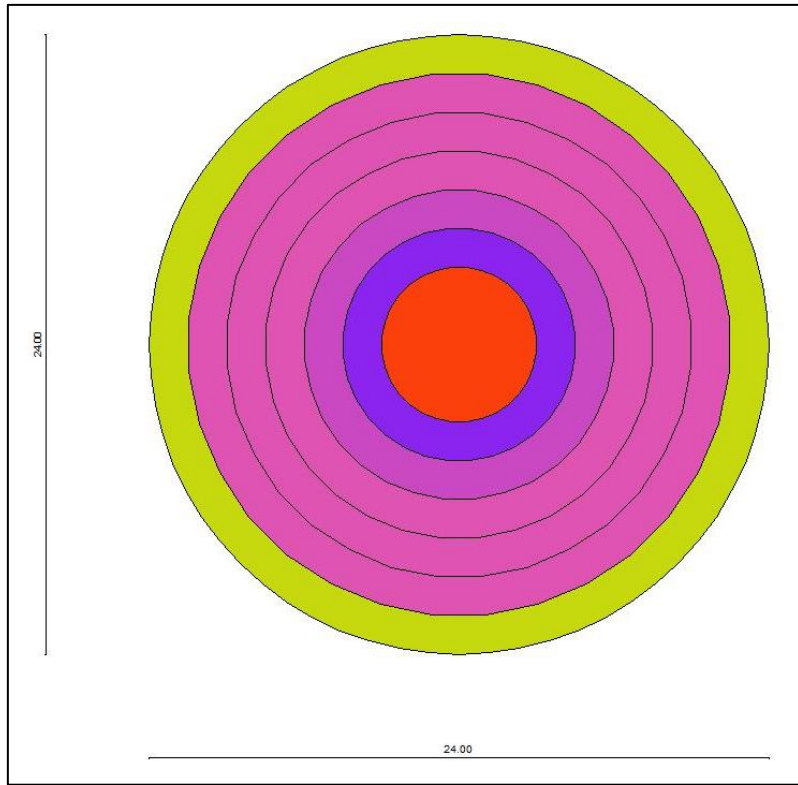
- Piastra circolare in c.a. del diametro $D=24,00$ ml, con un'altezza variabile da mt 0.90 a mt 2.95 fino ad una circonferenza concentrica del diametro di mt 6,00.

A partire da detta circonferenza, spessore costante della platea fino al centro pari a mt 3,55.

Il modello di calcolo relativo viene discretizzato in un solido a gradoni come da figura seguente.

La piastra sarà interrata per circa 3,45 mt rispetto al piano di campagna al finito.

Il piano di posa sarà definito dall'intradosso di un getto di calcestruzzo magro avente spessore pari a cm 30.



Geometria della fondazione

2 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- **Legge n. 1086 05.11.1971** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- **Legge 02/02/1974 n. 64**, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- **D.M. LL.PP. 11.03.1988** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" e relativa **Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24.09.1988**;
- **ORDINANZA P.C.M. N: 3274 del 02/05/2003** (G.U. 08/05/2003, n. 105 suppl.) modificata ed integrata ai sensi della ORDINANZA P.C.M. N. 3316 del 02/10/2003 (G.U. 10/10//2003, n. 236) e della ORDINANZA P.C.M. N. 3431 del 03/05/2005 (G.U. 10-5-2005, n. 107 -suppl.): Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.P.C.M. n° 3685 del 21/10/03, G.U. n° 252, del 29/10/03;
- **Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Ufficio Servizio Sismico Nazionale, 29/03/04**: Elementi informativi sull'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (G.U. n. 105 del 8.5.2003);
- **DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONE PUGLIA 2 marzo 2004, n. 153**: "L.R. Puglia 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 - Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti - Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi." (B.U.R. Puglia n. 33 del 18.03.2004);
- Del G.R. n° 597 del 27/04/2004, B.U.R. n°56 del 06/05/04;
- Del G.R. n° 260 del 07/03/2005, B.U.R. n°50 del 16/04/05;
- O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/06, G.U. n° 108, del 11/05/06;
- **D.M. 17 gennaio 2018**. Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni.
- **Circolare del 21/01/2019 n. 7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**, Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- **EUROCODICE 2 (EN 1992)** – Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- **EUROCODICE 7 (EN 1997)** – Progettazione geotecnica
- **CEI EN 61400-1 (2007)**. Turbine eoliche, parte 1: prescrizioni di progettazione.

3 INPUT DI MODELLAZIONE NUMERICA FEM

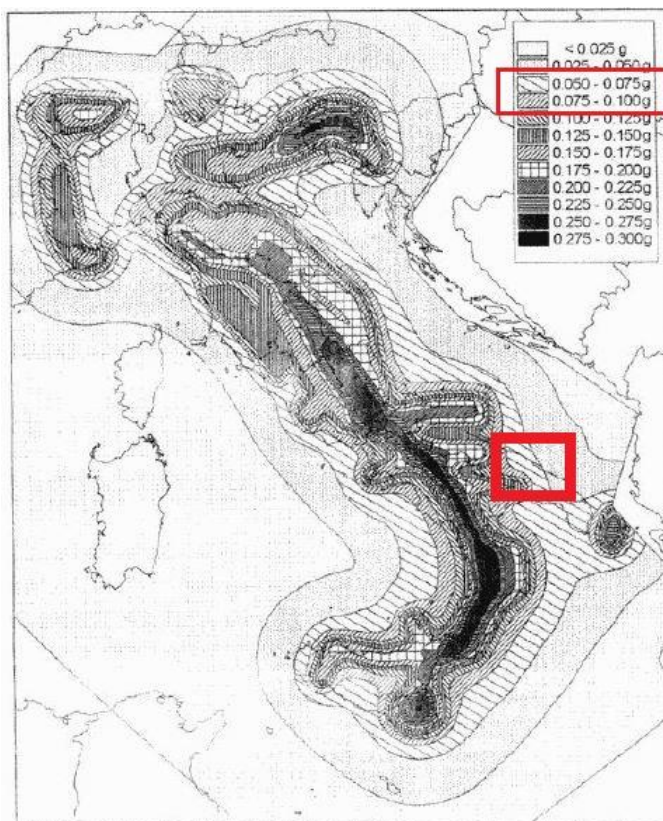
3.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI CASSANO

Ai fini sismici il territorio di Cassano è incluso nell'elenco delle località sismiche appartenenti alla zona 3. Tale classificazione, dettata dalla O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica", è stata recepita dalla Regione Puglia con Delibera Giunta Regionale n. 153 del 2 marzo 2004.

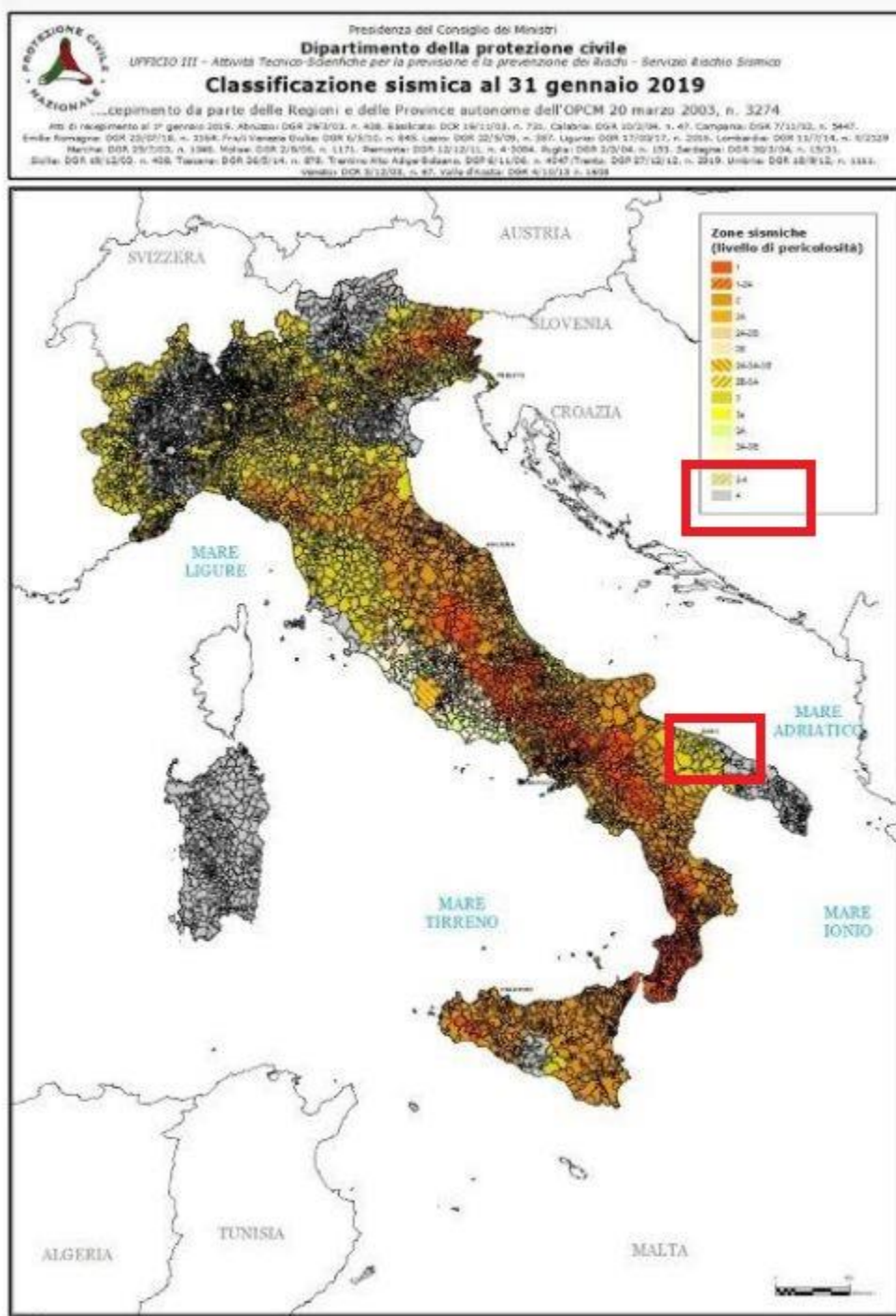
zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a _v /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _v /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione, basandosi su una classificazione a priori:



Mapa sismica OPCM 3519 del 28 aprile 2006



Mapa sismica aggiornata al gennaio 2019

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 e Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018), infatti, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona - e quindi territorio comunale - precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La **classificazione sismica** (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

I parametri di pericolosità sismica sono deducibili a partire dalle coordinate geografiche dall'allegato I alle NTC 14/01/2008 o in ultima analisi da applicativi in genere freeware

CASS1	WGS84 LONG-LAT	16,792324°	40,897097°	
	T_R	a_g (m/s ²)	F_0	T_c^*
SLO	30	0,288	2,44	0,23
SLD	50	0,357	2,49	0,29
SLV	475	0,771	2,7	0,45
SLC	975	0,993	2,66	0,53
CASS2	WGS84 LONG-LAT	16,794416°	40,902914°	
	T_R	a_g (m/s ²)	F_0	T_c^*
SLO	30	0,288	2,44	0,23
SLD	50	0,356	2,49	0,29
SLV	475	0,771	2,71	0,45
SLC	975	0,994	2,66	0,54
CASS3	WGS84 LONG-LAT	16,801182°	40,916553°	
	T_R	a_g (m/s ²)	F_0	T_c^*
SLO	30	0,279	2,43	0,23
SLD	50	0,347	2,47	0,28
SLV	475	0,75	2,68	0,45
SLC	975	0,947	2,69	0,53
CASS4	WGS84 LONG-LAT	16,801578°	40,888953°	
	T_R	a_g (m/s ²)	F_0	T_c^*
SLO	30	0,286	2,44	0,23
SLD	50	0,354	2,49	0,29
SLV	475	0,764	2,69	0,45
SLC	975	0,974	2,66	0,53
CASS5	WGS84 LONG-LAT	16,805698°	40,899936°	
	T_R	a_g (m/s ²)	F_0	T_c^*
SLO	30	0,282	2,43	0,23
SLD	50	0,35	2,48	0,29

SLV	475	0,755	2,68	0,45
SLC	975	0,954	2,68	0,53
<u>CASS6</u>	WGS84 LONG- LAT	16,814336°	40,908626°	
	T _R	a _g (m/s ²)	F ₀	Tc*
SLO	30	0,28	2,43	0,23
SLD	50	0,348	2,47	0,28
SLV	475	0,75	2,68	0,45
SLC	975	0,944	2,69	0,53
<u>CASS7</u>	WGS84 LONG- LAT	16,816381°	40,913776°	
	TR	ag (m/s2)	F0	Tc*
SLO	30	0,279	2,43	0,23
SLD	50	0,347	2,47	0,28
SLV	475	0,748	2,68	0,45
SLC	975	0,942	2,69	0,53
<u>CASS8</u>	WGS84 LONG- LAT	16,822481°	40,918817°	
	TR	ag (m/s2)	F0	Tc*
SLO	30	0,278	2,43	0,23
SLD	50	0,346	2,47	0,28
SLV	475	0,746	2,68	0,45
SLC	975	0,938	2,7	0,53

Tabella 1 – Coordinate geografiche e parametri di pericolosità sismica

3.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per **individuare la categoria sismica del suolo di fondazione** dell'area indagata, in corrispondenza del sito di installazione dell'aerogeneratore sono state eseguite indagini sismiche con metodologia MASW come riportato in "1.Relazione geologica eolico CASSANO rev.08.06.2021" redatta dal dr. Dario Fischetto: sembra opportuno soffermarsi su alcuni aspetti di carattere generale riguardanti la tematica in oggetto, utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati. Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato nel quale le onde di taglio, che rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 1.000 m/sec.

Attraverso l'analisi delle onde superficiali è stato possibile determinare il parametro Vs30, come previsto dal Testo Unico per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018, **Vs,eq**:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

In particolare risulta:

WTG	V _{s,eq}	CATEGORIA
CASS1	V _{s,eq} = 230 m/s	C
CASS2	V _{s,eq} = 1013 m/s	A
CASS3	V _{s,eq} = 1227 m/s	A
CASS4	V _{s,eq} = 405m/s	B
CASS5	V _{s,eq} = 1342 m/s	A
CASS6	V _{s,eq} = 1167 m/s	A
CASS7	V _{s,eq} = 343 m/s	C
CASS8	V _{s,eq} = 524 m/s	B

Quanto affermato si desume dalla **Tabella 3.2. Il D.M. 17 Gennaio 2018 –** Categorie di sottosuolo

Categoria Descrizione

A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la

profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 100 e 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Per ciò che attiene la **classificazione delle condizioni topografiche** secondo quanto previsto nelle tabelle 3.2.IV e 3.2.VI delle NTC, considerato l'assetto planoaltimetrico della porzione di territorio in esame, l'area d'intervento può essere classificata come appartenente alla

Categoria 'T1': "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

3.3 IPOTESI DI PROGETTO E PARAMETRI SISMICI

Con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 2018 [XI], l'azione sismica sull'opera in esame è stata valutata a partire da una "pericolosità sismica di base" in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria B).

Ad oggi, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Nello specifico, le azioni di progetto sono ricavate, ai sensi del DM 2018, a partire dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

*Quest'ultime sono definite, secondo norma, su sito di riferimento rigido orizzontale in funzione dei tre parametri p (a_g , FO , T^*C) - Tabella B, [XI] - e da prescelte probabilità di superamento P_{VR} e vite di riferimento V_R .*

Per il calcolo dei parametri sismici locali e delle accelerazioni e tempi di ritorno riferiti ai differenti stati limite considerati sono state assunte le seguenti IPOTESI DI PROGETTO ai sensi del Par. 2.4. delle NTC 2018 [XI]:

- Tipo di costruzione: **2** "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"
- Vita nominale di progetto: **$V_N = 50$ [anni]**
- Classe d'uso: **II^(*)** "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti

ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.”

– Periodo di riferimento: **$V_R = 50$ [anni]**

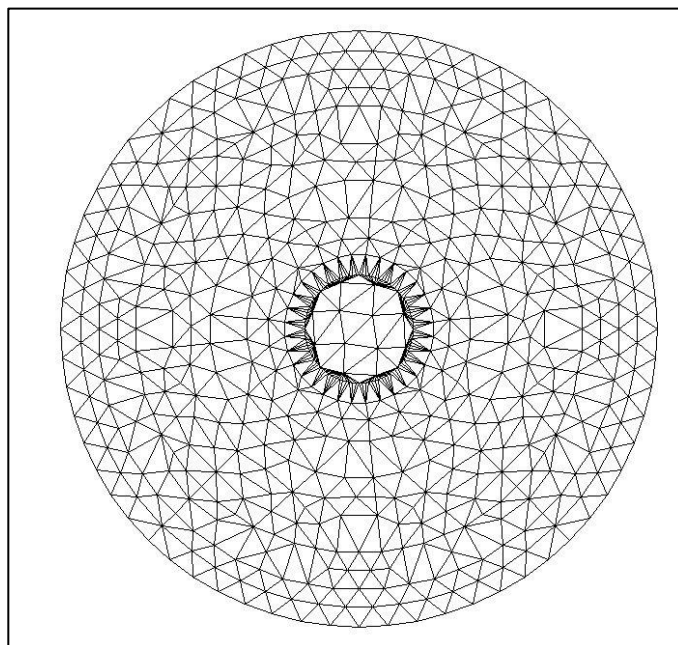
Nel caso specifico valgono i parametri sismici riportati nella precedente Tabella 1.

NOTA (*) *Ai sensi della DGR n. 1214 del 31/05/2011 i singoli aerogeneratori possono essere verificati per le sollecitazioni sismiche derivanti dalla **Classe d'uso II**.*

3.4 CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE: EFFICACIA DEL MODELLO

*La progettazione e la verifica delle opere strutturali in oggetto sono state eseguite con il codice di calcolo numerico ad elementi finiti denominato "**API++Platee e Graticci 14.0**" e sviluppato dall'Aztec Informatica. Per la descrizione completa del software e per approfondimenti sui criteri di calcolo, si faccia riferimento a quanto dettagliatamente riportato nei tabulati di calcoli .*

La struttura di fondazione e il suo comportamento sotto le azioni statiche è stato adeguatamente valutato, interpretato e trasferito nel modello tridimensionale realizzato (Figura 1) e descritto in premessa al fine di eseguire una corretta analisi ad elementi finiti FEA.



Mesh Modello: n. elementi = 1206; n. nodi = 636

Il calcolo è stato condotto mediante analisi lineare.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati, inoltre, valutati tutti i possibili effetti o le azioni che possano essere significative e avere implicazione per la struttura in esame.

Per l'analisi della platea di fondazione è stato utilizzato il metodo degli elementi finiti (FEM).

La struttura è stata suddivisa in elementi connessi fra di loro in corrispondenza dei nodi. Il campo degli spostamenti, interno all'elemento, viene approssimato in funzione degli spostamenti nodali mediante le funzioni di forma. Il programma ha utilizzato, per l'analisi tipo piastra, elementi triangolari.

Nello specifico, è stata generata una mesh triangolare strutturata su una maglia stabilita a priori.

Infine, il comportamento del terreno è stato sostanzialmente modellato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler (una serie di molle non reagenti a trazione disposte in corrispondenza dei nodi), principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna rigidezza laterale, che è funzione delle caratteristiche del terreno .

In considerazione dell'assetto litostratigrafico e geotecnico dell'area, rivelaasi nell'insieme omogenea, la caratterizzazione stratigrafica determinata è da considerarsi caratteristica di tutti i siti ove è prevista la realizzazione delle macchine.

4 ANALISI STRUTTURALE

4.1 VALORI DI PROGETTO DELLA RESISTENZA DEI MATERIALI STRUTTURALI

- I materiali da costruzione da impiegare per la realizzazione delle strutture di fondazione per singolo aerogeneratore sono rappresentati, rispettivamente, da tondini in acciaio per armatura e da conglomerato cementizio con specifiche caratteristiche prestazionali dettagliate.
- In generale, detti materiali rientrano fra i tipi previsti dalla normativa tecnica vigente in materia.
- Nello specifico, per le opere in fondazione (piastra e pali), l'acciaio per armatura consiste in barre ad aderenza migliorata per cemento armato del tipo "B450C", mentre il calcestruzzo è di Classe "C35/45".

Per i valori di progetto della resistenza dei materiali si è fatto riferimento ai seguenti coefficienti parziali di sicurezza γ_M .

SLU: $\gamma_M=1,50$ per il Calcestruzzo $\gamma_M=1,15$ per l'Acciaio

SLE: $\gamma_M=1,00$ per il Calcestruzzo $\gamma_M=1,00$ per l'Acciaio

4.2 PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO DI FONDAZIONE

<i>Controllo di accettazione:</i>	<i>tipo A</i>
<i>Classe di resistenza del calcestruzzo:</i>	<i>C35/45</i>
<i>Resistenza a compressione sui cubetti</i>	<i>$R_{ck} > 45 \text{ N/mm}^2$</i>
<i>Copriferro minimo nominale:</i>	<i>5 cm</i>
<i>Classe di esposizione:</i>	<i>XC2</i>
<i>Classe di consistenza</i>	<i>S4 (fluida)</i>
<i>Massimo rapporto A/C:</i>	<i>0,55</i>
<i>Tipo/classe di cemento:</i>	<i>CEM II/AL 42,5 R</i>
<i>Diametro massimo inerte:</i>	<i>16-20 mm</i>
<i>Impiego di additive di tipo</i>	<i>"superfluidificante".</i>

Le suddette caratteristiche saranno conformi alle seguenti norme:

D.M. 2018, UNI EN 206-1:2001, UNI EN 11104:2004, UNI 8987, UNI 8520-2:2005, UNI EN 1744, UNI EN 1367, UNI EN 197-1:2007, UNI EN 934-2:2009

4.3 ACCIAIO PER OPERE IN C.A.

Acciaio dolce da Carpenteria del tipo Fe B 450 C qualificati secondo le procedure D.M. 14/01/2008 cap.11.3.1.2 e cap 11.3.3.5 nel seguente formato:

Barre tonde ad aderenza migliorata di diametri pari, rispettivamente, a 32, 25, 22, 20, 16, 12 mm e rispondente alle seguenti caratteristiche:

$$f_{y\ nom} > 450\text{N/mm}^2$$

$$f_{t\ nom} > 540\text{N/mm}^2$$

$$A_s > 7,5\%$$

$$1,15 < (f_t / f_y)k < 1,35$$

$$(f_t / f_{y\ nom})k < 1,25$$

Le suddette caratteristiche saranno conformi alle seguenti norme:

D.M. 2018

UNI EN 10020 :2001

UNI EN 10021 :2007

UNI EN 10080 :2005

Il campionamento e le prove saranno condotte secondo:

D.M. 2018

UNI EN ISO 7438 : 2005

4.4 DEFINIZIONE DEL COPRIFERRO

Classe di esposizione XC2

Classe strutturale S4

Copriferro nominale=Copriferro minimo + ΔC_{DEV}

Copriferro minimo=max (Cminb;Cmin,dur+ $\Delta C_{DUR\gamma}$ - ΔC_{ST} + $\Delta C_{DUR,ADD}$; 10 mm)

Cminb= diametro barra isolata 32 mm

Cmin,dur=25 mm

$\Delta C_{DUR\gamma}$ = 0

ΔC_{ST} = 0

$\Delta C_{DUR,ADD}$ = 0

ΔC_{DEV} = 10 mm

Copriferro minimo= Cminb= 32 mm

Copriferro nominale = 32 +10 = 42 mm

Copriferro nominale scelto= 50 mm

4.5 CLASSE DI ESPOSIZIONE

La classe di esposizione ambientale prevista per la struttura in oggetto è siglata XC sia nelle Linee Guida sia nelle UNI 11104 ed è relativa al rischio di corrosione dei ferri di armatura per carbonatazione del calcestruzzo.

In particolare, l'ossidazione dei ferri di armatura causa la formazione di sostanze chimiche aventi un volume ben superiore al ferro stesso; la matrice cementizia, di conseguenza, viene sollecitata a trazione, con successiva espulsioni di porzioni di calcestruzzo (fenomeni "spalling" in corrispondenza degli spigoli, fenomeni di "delaminazione" in corrispondenza delle superfici piane).

La prevenzione di tale fenomeno è stato circoscritto alla qualità del calcestruzzo prescritto, quindi idonea resistenza caratteristica conforme alle reali condizioni ambientali, ad una corretta posa del materiale, unitamente al rispetto del copriferro di progetto.

In generale, la XC presenta in tutto 4 sottoclassi, connesse con le condizioni di umidità dell'ambiente ed, in particolare, passando dalla XC1 alla XC4, l'ambiente aumenta la propria umidità relativa e di conseguenza il pericolo da corrosione.

Sia la UNI 11104 sia le Linee Guida hanno operato un accorpamento della XC1 e XC2, con rapporto a/c = 0,6 e stessa resistenza caratteristica. In realtà, trattandosi di due ambienti diversi, è opportuno operare con due miscele diverse per migliorare il calcestruzzo dal punto di vista qualitativo.

In particolare per le strutture di fondazioni, la miscela dovrà essere formulata in modo da migliorare la sua "impermeabilità" mediante un rapporto a/c inferiore, trattandosi di un calcestruzzo destinato ad opere prevalentemente a contatto con acqua.

4.6 AZIONI DI PROGETTO

La progettazione strutturale delle opere in fondazione, è stata eseguita partendo dai carichi di progetto "Characteristics loads" e "Extreme Wind Loads" .

Le azioni di progetto prese in considerazione sono:

- azioni dovute a peso proprio della struttura in elevazione e della struttura di fondazione
- carichi permanenti e variabili
- dedotte dalle seguenti tabelle del documento "D2370721-001 SGRE ON SG 6.0-170 Foundation Loads T115-50"

Load case	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
D1c62_V42.5_060_s9	1535,05	50,5	-6826,1	4163,87	178349,5	374,9

Table 4 SG 6.0-170 HH115m Characteristics Loads at the base of the tower

Load case	Load factor	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	F _{xy} (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)	M _{xy} (kNm)
Dlc22_3bn_V11.0_n_s7	1,1	1688,55	55,55	-7508,71	1689,47	4580,25	196184,46	412,39	196237,91
Dlc22_3bn_V11.0_n_s7	1.0	1535,05	50,5	-6826,1	1535,88	4163,87	178349,5	374,9	178398,1

Table 3 SG 6.0-170 HH115m Factored/Unfactored Extreme loads at tower bottom

Per la geometria delle macchine installate sopra la torre non sono stati considerati carichi da neve.

In particolare, i carichi di progetto includono il comportamento dinamico della struttura e corrispondono alla condizione di carico più sfavorevole alla base della torre metallica.

Generalmente dalle Relazioni di Calcolo della Torre emerge che di fatto sarà considerata come dimensionante la condizione di carico da vento amplificata di 1.5, in quanto è quella che fornisce le maggiori sollecitazioni di progetto sulla torre.

Per la geometria delle macchine installate sopra la torre non sono stati considerati carichi neve sia quanto influenti ai fini della verifica, sia perché non esistono in pratica possibilità di accumulo neve sia sulle pale che sulla navicella.

Dal valore complessivo dell'azione flettente ($M_{xy} = V(M_x^2 + M_y^2 + V(T_x^2 + T_y^2)) \times H_{fond}$) alla base per sisma, sensibilmente inferiore a quella derivante da vento estremo (in rapporto di 1 a 10 circa) in SLV, possiamo sicuramente concludere che tale azione non è dimensionante per le verifiche strutturali che seguono, anche se sommata a sollecitazioni dovute a vento in esercizio della macchina riportate in seguito.

A tal proposito è bene ricordare che per la norma italiana di riferimento, DM 17/01/2018 (8), il fattore di sicurezza per le combinazioni sismiche è 1,00 mentre è 1,50 per il vento, normative di settore quali la CEI IEC 61400-1 prevedono un fattore pari a 1,1.

4.7 COMBINAZIONI DI CARICO

La progettazione strutturale per singolo aerogeneratore è stata eseguita, ai sensi del D.M. 2018 [XI], verificando che l'opera soddisfi i requisiti di sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi SLU (Combinazione n° 1) e degli Stati Limite di Esercizio SLE (Combinazioni n° 2,3,4).

Pertanto, sono state considerate combinazioni di carico per azioni verticali e orizzontali, tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto sia della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli sia della probabilità che l'azione si verifichi con specifica intensità in relazione alle diverse situazioni analizzate.

- Per gli Stati Limite Ultimi è stata adottata la combinazione fondamentale per soli carichi statici, affinché siano soddisfatte le verifiche allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):

$$Y_{G1} \cdot G_1 + Y_{G2} \cdot G_2 + Y_P \cdot P + Y_{Q1} \cdot Q_{k1} + Y_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + Y_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad \text{Combinazione n° 1}$$

dove:

G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P rappresenta pretensione e precompressione;

Q azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo

Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile;

Y_{gr}, Y_{qr}, Y_p coefficienti parziali come definiti nella tabella 6.2.I delle NTC;

ψ_{0j} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici, come definiti nella tabella 2.5.I. delle NTC

- Per gli Stati Limite di Esercizio degli elementi strutturali, degli elementi non strutturali e degli impianti le verifiche sono state condotte facendo riferimento alle seguenti combinazioni di carico:
- $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$

Combinazione n° 2 (quasi permanente)

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

Combinazione n° 3 (frequente)

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

Combinazione caratteristica n° 4 (rara)

dove:

G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P rappresenta pretensione e precompressione;

Q azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo

Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile;

$\psi_{0j}, \psi_{1j}, \psi_{2j}$ sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici, come definiti nella tabella 2.5.I.

- In zona sismica, le sollecitazioni derivanti dalle sole azioni sismiche sono combinate con quelle derivanti dai soli carichi statici secondo un'opportuna combinazione sismica,

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \text{ (Sisma X+, Sisma Y+)}$$

E è l'azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;

G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P rappresenta pretensione e precompressione;

ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i come definiti in tab. 2.5.I. delle NTC

Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i

$\gamma_E, \gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q$ coefficienti parziali pari ad 1.

4.8 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

La progettazione strutturale è stata condotta in conformità a quanto stabilito nella normativa strutturale attualmente in vigore. In particolare le Norme Tecniche per le Costruzioni [XI], nel Capitolo 'Sesto' relativo alla 'Progettazione Geotecnica', impongono la effettuazione di verifiche geotecniche nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU) secondo due approcci che impongono nelle combinazioni differenti coefficienti parziali nei confronti delle azioni (A), dei parametri geotecnici del terreno (M) e delle resistenze caratteristiche (R):

- Approccio 1: sono previste due combinazioni di gruppi di coefficienti, di cui la prima ($A1+M1+R1$) più cautelativa nei confronti delle verifiche strutturali (STR) e la seconda ($A2+M1+R2$) più cautelativa nei confronti delle verifiche geotecniche (GEO).
- Approccio 2: è prevista una unica combinazione di gruppi di coefficienti ($A1+M1+R3$), da adottare sia nelle verifiche geotecniche, sia nelle verifiche strutturali.

Nello specifico, trattandosi di una fondazione superficiale, la progettazione ha tenuto conto nelle verifiche allo SLU del contenimento delle azioni di progetto (con i pertinenti fattori amplificativi) da parte delle resistenze strutturali, nelle verifiche allo SLE degli effetti delle azioni di progetto (con i pertinenti fattori amplificativi) rilevandone la compatibilità con l'utilizzo della sovrastruttura.

In particolare, le verifiche SLU e SLE sono state condotte soddisfacendo i requisiti riportati, rispettivamente, nel § 6.4.3.1. e § 6.4.3.2 del DM 2018 [XI].

La citata normativa (§ 6.4.3.1. di [XI]) impone le seguenti verifiche SLU:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione - terreno
 - Collasso per scorrimento sul piano di posa

Le verifiche GEO sono riportate al paragrafo 6.6.
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

Le verifiche STR sono riportate al paragrafo 6.7

- EQU verifica allo stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU)

Le verifiche EQU sono riportate al paragrafo 6.8

Nel caso in esame è stato adottato l'**Approccio 2**, pertanto le azioni di progetto in fondazione derivano da un'analisi strutturale svolta impiegando un'**unica combinazione di gruppi di coefficienti parziali A1+M1+R3 (Tabb. 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II di [XI])**.

In particolare, la resistenza della fondazione soggetta a carichi assiali è stata eseguita ai sensi di quanto indicato dalla normativa DM 2018 [XI] nel § 6.4.2.1.:

Il valore di progetto della resistenza R_d della fondazione è stato 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 Tab. 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificato nella Tab. 6.4.I per ciascun tipo di opera.

Il valore della resistenza caratteristica R_k è stato determinato, facendo riferimento alle procedure analitiche che prevedono l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_Y	γ_Y	1,0	1,0

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

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

5 DATI

5.1 MATERIALI

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descrizione	Descrizione materiale
TC	Tipo calcestruzzo
Rck	Resistenza cubica caratteristica, espresso in [N/mmq]
γ_{cls}	Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kN/mc]
E	Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [N/mmq]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogeneizzazione
TA	Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [N/mmq]	γ_{cls} [kN/mc]	E [N/mmq]	ν	n	TA
1	C35/45	C35/45	45,000	24,52	34625,349	0.200	15.00	B450C

5.2 GEOMETRIA

Coordinate contorno esterno

n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]
1	27,00	15,00	2	26,94	16,18	3	26,77	17,34	4	26,48	18,48
5	26,09	19,59	6	25,58	20,66	7	24,98	21,67	8	24,28	22,61
9	23,49	23,49	10	22,61	24,28	11	21,67	24,98	12	20,66	25,58
13	19,59	26,09	14	18,48	26,48	15	17,34	26,77	16	16,18	26,94
17	15,00	27,00	18	13,82	26,94	19	12,66	26,77	20	11,52	26,48
21	10,41	26,09	22	9,34	25,58	23	8,33	24,98	24	7,39	24,28
25	6,51	23,49	26	5,72	22,61	27	5,02	21,67	28	4,42	20,66
29	3,91	19,59	30	3,52	18,48	31	3,23	17,34	32	3,06	16,18
33	3,00	15,00	34	3,06	13,82	35	3,23	12,66	36	3,52	11,52
37	3,91	10,41	38	4,42	9,34	39	5,02	8,33	40	5,72	7,39
41	6,51	6,51	42	7,39	5,72	43	8,33	5,02	44	9,34	4,42
45	10,41	3,91	46	11,52	3,52	47	12,66	3,23	48	13,82	3,06
49	15,00	3,00	50	16,18	3,06	51	17,34	3,23	52	18,48	3,52
53	19,59	3,91	54	20,66	4,42	55	21,67	5,02	56	22,61	5,72
57	23,49	6,51	58	24,28	7,39	59	24,98	8,33	60	25,58	9,34
61	26,09	10,41	62	26,48	11,52	63	26,77	12,66	64	26,94	13,82

5.3 SPESSORI PIASTRA

Simbologia adottata

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

Sp [mm]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	
900,0	1	3,00	3,00	2	27,00	3,00	3	27,00	27,00	4	3,00	27,00	
	1241,6	1	13,97	4,53	2	16,03	4,53	3	18,05	4,94	4	19,96	5,72
		5	21,67	6,87	6	23,13	8,33	7	24,28	10,04	8	25,06	11,95
		9	25,47	13,97	10	25,47	16,03	11	25,06	18,05	12	24,28	19,96
		13	23,13	21,67	14	21,67	23,13	15	19,96	24,28	16	18,05	25,06
		17	16,03	25,47	18	13,97	25,47	19	11,95	25,06	20	10,04	24,28
		21	8,33	23,13	22	6,87	21,67	23	5,72	19,96	24	4,94	18,05
		25	4,53	16,03	26	4,53	13,97	27	4,94	11,95	28	5,72	10,04
		29	6,87	8,33	30	8,33	6,87	31	10,04	5,72	32	11,95	4,94
		1583,2	1	14,12	6,03	2	15,88	6,03	3	17,62	6,37	4	19,25
5	20,72		8,03	6	21,97	9,28	7	22,95	10,75	8	23,63	12,38	
9	23,97		14,12	10	23,97	15,88	11	23,63	17,62	12	22,95	19,25	
13	21,97		20,72	14	20,72	21,97	15	19,25	22,95	16	17,62	23,63	
17	15,88		23,97	18	14,12	23,97	19	12,38	23,63	20	10,75	22,95	
21	9,28		21,97	22	8,03	20,72	23	7,05	19,25	24	6,37	17,62	
25	6,03		15,88	26	6,03	14,12	27	6,37	12,38	28	7,05	10,75	
29	8,03		9,28	30	9,28	8,03	31	10,75	7,05	32	12,38	6,37	
1924,8	1		14,26	7,52	2	15,74	7,52	3	17,18	7,81	4	18,54	8,37
	5		19,77	9,19	6	20,81	10,23	7	21,63	11,46	8	22,19	12,82
	9	22,48	14,26	10	22,48	15,74	11	22,19	17,18	12	21,63	18,54	
	13	20,81	19,77	14	19,77	20,81	15	18,54	21,63	16	17,18	22,19	
	17	15,74	22,48	18	14,26	22,48	19	12,82	22,19	20	11,46	21,63	
	21	10,23	20,81	22	9,19	19,77	23	8,37	18,54	24	7,81	17,18	
	25	7,52	15,74	26	7,52	14,26	27	7,81	12,82	28	8,37	11,46	
	29	9,19	10,23	30	10,23	9,19	31	11,46	8,37	32	12,82	7,81	
	2266,4	1	14,41	9,02	2	15,59	9,02	3	16,74	9,25	4	17,83	9,70
		5	18,81	10,35	6	19,65	11,19	7	20,30	12,17	8	20,75	13,26
9		20,98	14,41	10	20,98	15,59	11	20,75	16,74	12	20,30	17,83	
13		19,65	18,81	14	18,81	19,65	15	17,83	20,30	16	16,74	20,75	
17		15,59	20,98	18	14,41	20,98	19	13,26	20,75	20	12,17	20,30	
21		11,19	19,65	22	10,35	18,81	23	9,70	17,83	24	9,25	16,74	
25		9,02	15,59	26	9,02	14,41	27	9,25	13,26	28	9,70	12,17	
29		10,35	11,19	30	11,19	10,35	31	12,17	9,70	32	13,26	9,25	
2608,0		1	14,56	10,51	2	15,44	10,51	3	16,31	10,69	4	17,12	11,02
		5	17,86	11,52	6	18,48	12,14	7	18,98	12,88	8	19,31	13,69
	9	19,49	14,56	10	19,49	15,44	11	19,31	16,31	12	18,98	17,12	
	13	18,48	17,86	14	17,86	18,48	15	17,12	18,98	16	16,31	19,31	
	17	15,44	19,49	18	14,56	19,49	19	13,69	19,31	20	12,88	18,98	
	21	12,14	18,48	22	11,52	17,86	23	11,02	17,12	24	10,69	16,31	
	25	10,51	15,44	26	10,51	14,56	27	10,69	13,69	28	11,02	12,88	
	29	11,52	12,14	30	12,14	11,52	31	12,88	11,02	32	13,69	10,69	
	3550,0	1	14,71	12,01	2	15,29	12,01	3	15,87	12,12	4	16,42	12,35
		5	16,91	12,68	6	17,32	13,09	7	17,65	13,58	8	17,88	14,13
9		17,99	14,71	10	17,99	15,29	11	17,88	15,87	12	17,65	16,42	
13		17,32	16,91	14	16,91	17,32	15	16,42	17,65	16	15,87	17,88	
17		15,29	17,99	18	14,71	17,99	19	14,13	17,88	20	13,58	17,65	
21		13,09	17,32	22	12,68	16,91	23	12,35	16,42	24	12,12	15,87	
25		12,01	15,29	26	12,01	14,71	27	12,12	14,13	28	12,35	13,58	
29		12,68	13,09	30	13,09	12,68	31	13,58	12,35	32	14,13	12,12	

5.4 DESCRIZIONE TERRENI

Sulla scorta degli studi delle risultanze delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile elaborare per l'area di progetto un modello geologico di riferimento, il quale tiene conto di tutte le informazioni acquisite durante il presente studio, che viene nel seguito esplicitato.

All'interno dell'area progettuale le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sedime di fondazione sono abbastanza omogenee. In particolare si rileva la presenza di terreno vegetale superficiale con spessore variabile tra 0,40 e 0,80 mt, al di sotto del quale si riscontra la presenza di un banco di sabbie limose o limi sabbiosi di spessore variabile tra 0,40 mt e 4,20. Il substrato successivo è costituito da calcari fratturati o calcari compatti. La falda idrica superficiale non è presente in nessuna delle aree investigate, mentre quella profonda, che circola all'interno della massa carbonatica è localizzata a quote che vanno dai 130 ai 180 m dal p.c., e pertanto non vi può essere alcuna interazione fra le acque sotterranee e le opere in progetto.

Alla luce di quanto detto è possibile distinguere all'interno dell'area interessata dal parco eolico le seguenti unità litologiche [U.L.]:

- Unità Litologica 1: Terreno vegetale
- Unità Litologica 2: Sabbie limose o limi sabbiosi
- Unità Litologica 3: Calcari fratturati
- Unità Litologica 4: Calcari compatti

Sulla base dei modelli geologico di riferimento è possibile inoltre considerare i seguenti aspetti, valevoli per tutta l'area progettuale:

Categoria di sottosuolo A-B-C

Categoria Topografica T1

Rischio liquefazione dei terreni : Nullo

Rischio instabilità dei terreni : Situazione Stabile

Pericolosità geo-sismica del sito : Bassa

In accordo con il modello geologico, sintetizzando le risultanze delle indagini geognostiche effettuate unitamente ai dati bibliografici in possesso dello scrivente, è stato elaborato il modello geotecnico dell'area in studio, il quale è formato dalle seguenti unità geotecniche:

I valori delle principali caratteristiche fisiche e meccaniche sono stati ricavati dall'elaborazione di tutte le prove eseguite oltre che da dati bibliografici in possesso dello scrivente riguardanti indagini pregresse su terreni simili a quelli in studio.

In particolare sono state parametrizzate le Unità geotecniche 2, 3 , 4.

UNITÀ GEOTECNICA 1: Terreno Vegetale

Considerate le scadenti caratteristiche meccaniche non viene prese in considerazione, e dovrà necessariamente essere asportato.

Di seguito, viene esplicitata la parametrizzazione geotecnica di massima delle singole Unità precedentemente individuate, con l'indicazione degli aerogeneratori di cui ne costituiscono il sedime di fondazione.

UNITA' GEOTECNICA 2: Depositi sabbioso-limosi

Formazione geologica: Depositi Marini Terrazzati

Descrizione litologica: alternanza di sabbie, sabbie con limo, e strati arenitici.

Falda: Assente.

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico da discreto a buono, prevalentemente incoerente, a consistenza generalmente medio-bassa nei livelli superficiali, che tende ad aumentare con la profondità.

Comportamento Strato: Granulare sciolto

Stato di addensamento: da mediamente addensato a semicoerente.

Parametri geotecnici principali caratteristici:

γ (kN/m³) Peso per unità di volume naturale 16,3

ϕ (°) Angolo di attrito 30°

c' (kPa) Coesione efficace 0,0

E (Mpa) Modulo Elastico Statico 228,28

n Coefficiente di Poisson 0,35

UNITA' GEOTECNICA 3: Calcari fratturati

Formazione geologica: Calcareniti di Gravina

Descrizione litologica: Calcareniti bioclastiche a grana grossolana di colore bianco giallastro da mediamente a scarsamente cementate

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico da discreto a buono, con comportamento assibilabile ad un ammasso roccioso dalle discrete qualità.

Comportamento Strato: Roccioso

Stato di addensamento: Da mediamente a ben cementato

Parametri geotecnici principali caratteristici:

γ (kN/m³) Peso per unità di volume naturale 20,4

ϕ (°) Angolo di attrito 45°

c' (kPa) Coesione efficace 0,0

E (Mpa) Modulo Elastico Statico 1348,56

n Coefficiente di Poisson 0,35

UNITA' GEOTECNICA 4: Calcari compatti

Formazione geologica: Calcari di Altamura

Descrizione litologica: Calcari micritici biancastri da fratturati ed alterati a compatti.

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico in genere buono, con comportamento assibilabile ad un ammasso roccioso dalle buone qualità. La qualità dell'ammasso e le caratteristiche geotecniche tendono ad aumentare al diminuire del grado di alterazione e fratturazione dell'ammasso.

Parametri geotecnici principali caratteristici:

γ (kN/m³) Peso per unità di volume naturale 23

ϕ (°) Angolo di attrito 45°

c' (kPa) Coesione efficace 0,0

E (Mpa) Modulo Elastico Statico 10459.53

n Coefficiente di Poisson 0,35

Le stratigrafie per singolo aerogeneratore sono riportate di seguito.

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60		
DEPOSITO SABBIOSO DEBOLMENTE LIMOSO (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 3,00	Coesione non drenata (Cu)	0,08 (MPa)
		Angolo di attrito	30°
		Modulo Elastico (di Young)	228.28 (MPa)
		Modulo Edometrico	366.38 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
DEPOSITO CALCAREO FRATTURATO (ORIZZONTE 3)	3,00 ÷ 15,00	Peso unità di volume naturale (γ)	1,63 (t/mc)
		Falda profondità dal p.c.	NON RILEVATA
		Coesione (C)	0,18 (MPa)
		Angolo di attrito	45°
		Modulo Elastico (di Young)	1348.56 (MPa)
		Modulo Edometrico	2164.35 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	=
Categoria di sottosuolo		V _{Sei} = 230 (m/s)	C

Aerogeneratore n. 1

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE		
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 1,00				
DEPOSITO CALCAREO FRATTURATO (ORIZZONTE 2)	1,00 ÷ 4,50	Coesione non drenata (Cu)	0,17 (MPa)		
		Angolo di attrito	40°		
		Modulo Elastico (di Young)	1111,95 (MPa)		
		Modulo Edometrico	1784.61 (MPa)		
		Modulo di Poisson	0,35		
		Classificazione AGI (1977)	=		
		Peso unità di volume naturale (γ)	1,90 (t/mc)		
		Falda profondità dal p.c.	NON RILEVATA		
		Coesione (C)	0,48 (MPa)		
		Angolo di attrito	45°		
DEPOSITO CALCAREO (ORIZZONTE 3)	3,50 ÷ 15,00	Modulo Elastico (di Young)	10459.53 (MPa)		
		Modulo Edometrico	16786.90 (MPa)		
		Modulo di Poisson	0,35		
		Classificazione AGI (1977)	=		
		Peso unità di volume naturale (γ)	2,3 (t/mc)		
		Falda superficiale dal p.c.	NON RILEVATA		
		Categoria di sottosuolo		V _{Sei} = 1013 (m/s)	A

Aerogeneratore n. 2

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60		
DEPOSITO SABBIOSO DEBOLMENTE LIMOSO (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 5,00	Coesione non drenata (Cu)	0,12 (MPa)
		Angolo di attrito	30°
		Modulo Elastico (di Young)	2018.71 (MPa)
		Modulo Edometrico	3239.90 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	ADDENSATO
DEPOSITO CALCAREO (ORIZZONTE 3)	5,00 ÷ 15,00	Peso unità di volume naturale (γ)	1,75 (t/mc)
		Falda profondità dal p.c.	NON RILEVATA
		Coesione (C)	0,74 (MPa)
		Angolo di attrito	45°
		Modulo Elastico (di Young)	27587.23 (MPa)
		Modulo Edometrico	44275.79 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	=
Categoria di sottosuolo		V _{Sei} = 1167 (m/s)	A

Aerogeneratore n. 3

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE		
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60				
DEPOSITO SABBIOSO DEBOLMENTE LIMOSO (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 5,00	Coesione non drenata (Cu)	0,00 (MPa)		
		Angolo di attrito	30°		
		Modulo Elastico (di Young)	300.85 (MPa)		
		Modulo Edometrico	482.85 (MPa)		
		Modulo di Poisson	0,35		
		Classificazione AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO		
		Peso unità di volume naturale (γ)	1,61 (t/mc)		
		Falda profondità dal p.c.	NON RILEVATA		
		Coesione (C)	0,27 (MPa)		
		Angolo di attrito	40°		
DEPOSITO ARENITICO (ORIZZONTE 3)	6,00 ÷ 15,00	Modulo Elastico (di Young)	2849.75 (MPa)		
		Modulo Edometrico	4573.67 (MPa)		
		Modulo di Poisson	0,35		
		Classificazione AGI (1977)	=		
		Peso unità di volume naturale (γ)	1,94 (t/mc)		
		Falda superficiale dal p.c.	NON RILEVATA		
		Categoria di sottosuolo		V _{Sei} = 405 (m/s)	B

Aerogeneratore n. 4

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 1,00		
DEPOSITO ARENITICO (ORIZZONTE 2)	1,00 ÷ 5,50	Coesione non drenata (Cu)	0,26 (MPa)
		Angolo di attrito	40°
		Modulo Elastico (di Young)	2640.59 (MPa)
		Modulo Edometrico	4237.99 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
DEPOSITO CALCAREO (ORIZZONTE 3)	5,50 ÷ 15,00	Peso unità di volume naturale (γ)	1,99 (t/mc)
		Falda profondità dal p.c.	NON RILEVATA
		Coesione (C)	0,64 (MPa)
		Angolo di attrito	50°
		Modulo Elastico (di Young)	20299.19 (MPa)
		Modulo Edometrico	32578.95 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	=
Categoria di sottosuolo		V _{Sei} = 1342 (m/s)	A

Aerogeneratore n. 5

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE		
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 1,00				
DEPOSITO ARENITICO (ORIZZONTE 2)	1,00 ÷ 4,00	Coesione non drenata (Cu)	0,18 (MPa)		
		Angolo di attrito	35°		
		Modulo Elastico (di Young)	1277.18 (MPa)		
		Modulo Edometrico	2049.80 (MPa)		
		Modulo di Poisson	0,35		
		Classificazione AGI (1977)	=		
		Peso unità di volume naturale (γ)	1,90 (t/mc)		
		Falda profondità dal p.c.	NON RILEVATA		
		Coesione (C)	0,38 (MPa)		
		Angolo di attrito	40°		
DEPOSITO CALCAREO FRATTURATO (ORIZZONTE 3)	4,00 ÷ 15,00	Modulo Elastico (di Young)	6174.08 (MPa)		
		Modulo Edometrico	9905.01 (MPa)		
		Modulo di Poisson	0,34		
		Classificazione AGI (1977)	=		
		Peso unità di volume naturale (γ)	2,20 (t/mc)		
		Falda superficiale dal p.c.	NON RILEVATA		
		Categoria di sottosuolo		V _{Sei} = 1227 (m/s)	A

Aerogeneratore n. 6

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60		
DEPOSITO SABBIOSO DEBOLMENTE LIMOSO (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 6,00	Coesione non drenata (Cu)	0,08 (MPa)
		Angolo di attrito	32°
		Modulo Elastico (di Young)	271.65 (MPa)
		Modulo Edometrico	435.98 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	DA MODERATAMENTE ADDENSATO AD ADDENSATO
DEPOSITO CALCAREO FRATTURATO (ORIZZONTE 3)	6,00 ÷ 15,00	Peso unità di volume naturale (γ)	1,7 (t/mc)
		Falda profondità dal p.c.	NON RILEVATA
		Coesione (C)	0,18 (MPa)
		Angolo di attrito	38°
		Modulo Elastico (di Young)	1376.89 (MPa)
		Modulo Edometrico	2209.82 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	=
Categoria di sottosuolo		V _{Sei} = 343 (m/s)	C

Aerogeneratore n. 7

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 1,20		
DEPOSITO CALCAREO FRATTURATO (ORIZZONTE 2)	1,20 ÷ 3,50	Coesione non drenata (Cu)	0,15 (MPa)
		Angolo di attrito	40°
		Modulo Elastico (di Young)	918.72 (MPa)
		Modulo Edometrico	1474.48 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	=
		Peso unità di volume naturale (γ)	1,43 (t/mc)
		Falda profondità dal p.c.	NON RILEVATA
DEPOSITO CALCAREO (ORIZZONTE 3)	3,50 ÷ 15,00	Coesione (C)	0,47 (MPa)
		Angolo di attrito	45°
		Modulo Elastico (di Young)	10140.32 (MPa)
		Modulo Edometrico	16274.59 (MPa)
		Modulo di Poisson	0,35
		Classificazione AGI (1977)	=
		Peso unità di volume naturale (γ)	1,51 (t/mc)
		Falda superficiale dal p.c.	NON RILEVATA
Categoria di sottosuolo		V _{Sei} = 524 (m/s)	B

Aerogeneratore n. 8

In definitiva si assume il seguente modello geotecnico.

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
δ	Angolo di attrito fondazione-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [N/mmq]
ca	Adesione del terreno espressa in [N/mmq]
τ_1	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [N/mmq]
α	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [N/mmq]	ca [N/mmq]
Terreno vegetale	18,000	18,000	15.00	10.00	0,0000	0,0000
Sabbia debolmente limosa	16,300	16,300	30.00	20.00	0,0000	0,0000
Calcare fratturato	20,400	20,400	45.00	30.00	0,0000	0,0000

Caratteristiche di deformabilità

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
Ed	Modulo edometrico espresso in [N/mmq]
RR	Rapporto di ricomprensione
CR	Rapporto di compressione
OCR	Grado di sovraconsolidazione
E	Modulo elastico espresso in [N/mmq]
ν	Coefficiente di Poisson

Descrizione	Ed [N/mmq]	RR	CR	OCR	E [N/mmq]	ν
Terreno vegetale	10,000	0.0000	0.0000	0.0000	10,000	0.350
Sabbia debolmente limosa	366,380	0.0000	0.0000	1.0000	228,280	0.350
Calcare fratturato	2164,350	0.0000	0.0000	1.0000	1348,560	0.350

Descrizione stratigrafia adottata per il modello geotecnico e falda

Simbologia adottata

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

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno
1	-0,6	-0,6	-0,6	Terreno vegetale
2	-3,0	-3,0	-3,0	Sabbia debolmente limosa
3	-15,0	-15,0	-15,0	Calcare fratturato

Falda

Falda non presente

5.5 CARICHI

Convenzioni adottate

Carichi e reazioni vincolari

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

Sollecitazioni

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

Condizioni di carico

Carichi concentrati

Simbologia adottata

Ic	Indice carico
X	Ascissa carico espressa in [m]
Y	Ordinata carico espressa in [m]
N	Carico verticale espresso in [kN]
Mx	Momento intorno all'asse X espresso in [kNm]
My	Momento intorno all'asse Y espresso in [kNm]
Tx	Forza orizzontale in direzione X espressa in [kN]
Ty	Forza orizzontale in direzione Y espressa in [kN]

Condizione n° 1 - Permanenti torre [Permanente]

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	17,18	15,00	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,17	15,13	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,16	15,26	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,14	15,39	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,11	15,52	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,08	15,65	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,03	15,77	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,98	15,89	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,93	16,01	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,86	16,13	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,79	16,24	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,71	16,34	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,63	16,44	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,54	16,54	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,44	16,63	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,34	16,71	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,24	16,79	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,13	16,86	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,01	16,93	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,89	16,98	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,77	17,03	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,65	17,08	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,52	17,11	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,39	17,14	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,26	17,16	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,13	17,17	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,00	17,18	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	14,87	17,17	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,74	17,16	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,61	17,14	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,48	17,11	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,35	17,08	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,23	17,03	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,11	16,98	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,99	16,93	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,87	16,86	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,76	16,79	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,66	16,71	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,56	16,63	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,46	16,54	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,37	16,44	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,29	16,34	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,21	16,24	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,14	16,13	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,07	16,01	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,02	15,89	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,97	15,77	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,92	15,65	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,89	15,52	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,86	15,39	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,84	15,26	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,83	15,13	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,82	15,00	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,83	14,87	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,84	14,74	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,86	14,61	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,89	14,48	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,92	14,35	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,97	14,23	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,02	14,11	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,07	13,99	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,14	13,87	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,21	13,76	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,29	13,66	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,37	13,56	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,46	13,46	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,56	13,37	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,66	13,29	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,76	13,21	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,87	13,14	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,99	13,07	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,11	13,02	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,23	12,97	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,35	12,92	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,48	12,89	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,61	12,86	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,74	12,84	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,87	12,83	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,00	12,82	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,13	12,83	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,26	12,84	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,39	12,86	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,52	12,89	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,65	12,92	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,77	12,97	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,89	13,02	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,01	13,07	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,13	13,14	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,24	13,21	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,34	13,29	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,44	13,37	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,54	13,46	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,63	13,56	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,71	13,66	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,79	13,76	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,86	13,87	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,93	13,99	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,98	14,11	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,03	14,23	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,08	14,35	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,11	14,48	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,14	14,61	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,16	14,74	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,17	14,87	65,635	0,000	0,000	0,000	0,000

Condizione n° 2 - Estremi torre [Variabile - $\psi_0=1.00$ $\psi_1=0.90$ $\psi_2=0.80$]

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	17,18	15,00	1577,348	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,17	15,13	1574,471	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,16	15,26	1565,848	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,14	15,39	1551,511	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,11	15,52	1531,513	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,08	15,65	1505,927	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,03	15,77	1474,846	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,98	15,89	1438,384	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,93	16,01	1396,673	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,86	16,13	1349,865	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,79	16,24	1298,132	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,71	16,34	1241,663	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,63	16,44	1180,662	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,54	16,54	1115,354	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,44	16,63	1045,975	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,34	16,71	972,781	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,24	16,79	896,036	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,13	16,86	816,022	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,01	16,93	733,030	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,89	16,98	647,364	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,77	17,03	559,335	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,65	17,08	469,266	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,52	17,11	377,484	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,39	17,14	284,325	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,26	17,16	190,128	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,13	17,17	95,238	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,00	17,18	0,000	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,87	17,17	-95,238	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,74	17,16	-190,128	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,61	17,14	-284,325	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,48	17,11	-377,484	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,35	17,08	-469,266	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,23	17,03	-559,335	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,11	16,98	-647,364	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,99	16,93	-733,030	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,87	16,86	-816,022	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,76	16,79	-896,036	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,66	16,71	-972,781	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,56	16,63	-1045,975	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,46	16,54	-1115,354	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,37	16,44	-1180,662	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,29	16,34	-1241,663	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,21	16,24	-1298,132	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,14	16,13	-1349,865	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,07	16,01	-1396,673	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,02	15,89	-1438,384	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,97	15,77	-1474,846	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,92	15,65	-1505,927	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,89	15,52	-1531,513	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,86	15,39	-1551,511	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,84	15,26	-1565,848	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,83	15,13	-1574,471	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,82	15,00	-1577,348	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,83	14,87	-1574,471	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,84	14,74	-1565,848	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,86	14,61	-1551,511	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,89	14,48	-1531,513	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,92	14,35	-1505,927	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	12,97	14,23	-1474,846	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,02	14,11	-1438,384	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,07	13,99	-1396,673	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,14	13,87	-1349,865	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,21	13,76	-1298,132	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,29	13,66	-1241,663	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,37	13,56	-1180,662	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,46	13,46	-1115,354	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,56	13,37	-1045,975	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,66	13,29	-972,781	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,76	13,21	-896,036	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,87	13,14	-816,022	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	13,99	13,07	-733,030	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,11	13,02	-647,364	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,23	12,97	-559,335	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,35	12,92	-469,266	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,48	12,89	-377,484	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,61	12,86	-284,325	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,74	12,84	-190,128	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	14,87	12,83	-95,238	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,00	12,82	0,000	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,13	12,83	95,238	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,26	12,84	190,128	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,39	12,86	284,325	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,52	12,89	377,484	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,65	12,92	469,266	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,77	12,97	559,335	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	15,89	13,02	647,364	0,000	0,000	14,768	0,000

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	16,01	13,07	733,030	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,13	13,14	816,022	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,24	13,21	896,036	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,34	13,29	972,781	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,44	13,37	1045,975	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,54	13,46	1115,354	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,63	13,56	1180,662	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,71	13,66	1241,663	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,79	13,76	1298,132	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,86	13,87	1349,865	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,93	13,99	1396,673	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	16,98	14,11	1438,384	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,03	14,23	1474,846	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,08	14,35	1505,927	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,11	14,48	1531,513	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,14	14,61	1551,511	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,16	14,74	1565,848	0,000	0,000	14,768	0,000
Piastra	17,17	14,87	1574,471	0,000	0,000	14,768	0,000

Peso terreno gravante sulla fondazione

Oggetto	Pt [kN]
Piastra 1	13519,4696

Normativa - Coefficienti di sicurezza

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	(A1) - STR
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1}	1.30
Variabili	Sfavorevole	γ_{Q1}	1.50
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1, fav}$	0.90

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 4

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio, Peso terreno sulla piastra	1.30
Permanenti torre	1.30
Estremi torre	1.50

Combinazione n° 2 - - SLE Quasi permanente

Condizione	CP
Peso proprio, Peso terreno sulla piastra	1.00
Permanenti torre	1.00

Condizione	CP
Estremi torre	0.80

Combinazione n° 3 - - SLE Frequente

Condizione	CP
Peso proprio, Peso terreno sulla piastra	1.00
Permanenti torre	1.00
Estremi torre	0.90

Combinazione n° 4 - - SLE Rara

Condizione	CP
Peso proprio, Peso terreno sulla piastra	1.00
Permanenti torre	1.00
Estremi torre	1.00

Impostazioni di analisi

Portanza fondazione superficiale

Metodo calcolo portanza: Hansen

Criterio di media calcolo strato equivalente: Ponderata

Riduzione portanza per effetto eccentricità: Meyerhof

Fattore di rigidità della sovrastruttura 0.00

5.6 DETTAGLI CALCOLO CAPACITA' PORTANTE

Simbologia adottata

Ic Indice combinazione
Nc, Nq, N_γ coeff. di capacità portante
N'c, N'q, N'_γ coeff. di capacità portante corretti (fattori di forma, di affondamento, ecc.)

Parametri strato equivalente terreno di progetto

H Altezza cuneo di rottura, espresso in [m]
γ Peso nell'unità di volume, espresso in [kN/mc]
φ Angolo di attrito, espresso in [°]
c Coesione, espressa in [N/mm²]

Ic	Nc	N'c	Nq	N'q	N _γ	N' _γ	H	γ	φ	c
							[m]	[kN/mc]	[°]	[N/mm ²]
1	133.87	126.95	134.87	123.55	200.81	126.96	25,65	20,4000	45.000	0,0000
5	133.87	120.45	134.87	117.29	200.81	117.94	25,65	20,4000	45.000	0,0000

Fattori correttivi portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
i_c, i_q, i_γ Fattori di inclinazione del carico
d_c, d_q, d_γ Fattori di profondità del piano di posa
g_c, g_q, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
b_c, b_q, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
s_c, s_q, s_γ Fattori di forma della fondazione
p_c, p_q, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
e_{γk}, e_{γl} Fattori di correzione secondo Cascone

r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore

In tabella sono indicati con il simbolo '-' i coefficienti non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	eyk eyi	r_γ
1	0.890	1.065	1.000	1.000	--	--	--	0.743
	0.891	1.028	1.000	1.000	--	--	--	
	0.850	1.000	1.000	1.000	--	--	--	
5	0.845	1.065	1.000	1.000	--	--	--	0.743
	0.846	1.028	1.000	1.000	--	--	--	
	0.790	1.000	1.000	1.000	--	--	--	

5.7 VERIFICHE GEOTECNICHE

Carico limite

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
N	Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]
Np	Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]
Qu	Portanza ultima, espressa in [kN]
Qup	Portanza ultima dei pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista
Qd	Portanza di progetto $((Q_u+Q_{up})/\eta)$, espressa in [kN]
Nt	Carico totale verticale (N+Np), espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt)

Ic	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
1	50599,27	0,00	7901510,68	0,00	3435439,43	0,00	67.895
5	35030,26	0,00	4127040,33	0,00	1794365,36	0,00	51.223

Scorrimento

Simbologia adottata

T	Carico orizzontale trasferito al terreno, espresso in [kN]
Ru	Resistenza ultima allo scorrimento del terreno, espresso in [kN]
Rup	Resistenza ultima allo scorrimento dei pali, espresso in [kN]
Td	Resistenza allo scorrimento di progetto $((R_u+R_{up})/\eta)$, espressa in [kN]
Tt	Carico orizzontale totale, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza allo scorrimento (rapporto tra Td/Tt)

Ic	T [kN]	Ru [kN]	Rup [kN]	Rd [kN]	Tt [kN]	FS
1	2303,82	29213,50	0,00	26557,73	2303,82	11.528
5	2303,82	20224,73	0,00	18386,12	2303,82	7.981

5.8 VERIFICHE STRUTTURALI

Sollecitazioni massime e minime piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
Mx	Momento X espresso in [kNm]
My	Momento Y espresso in [kNm]
Mxy	Momento XY espresso in [kNm]

Tx Taglio X, espresso in [kN]
 Ty Taglio Y, espresso in [kN]
 Nx Tensione normale X espressa in [N/mm²]
 Ny Tensione normale Y espressa in [N/mm²]
 Nxy Tensione tangenziale XY espressa in [N/mm²]
 Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi

Ic	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	Nx [N/mm ²]	Ny [N/mm ²]	Nxy [N/mm ²]	
1	17784,25 (400) -12985,46 (227)	9771,31 (372) -9914,06 (223)	4067,30 (176) -4051,24 (441)	6185,90 (432) -9207,69 (246)	6185,90 (372) -9207,69 (188)	0,044 (464) -0,044 (172)	0,023 (112) -0,023 (584)	0,033 (441) -0,033 (176)	MAX MIN
2	8881,33 (400) -7141,81 (227)	5740,48 (372) -4369,38 (223)	2036,47 (176) -2029,57 (441)	3283,28 (432) -4722,31 (246)	3283,28 (372) -4722,31 (188)	0,023 (464) -0,023 (172)	0,012 (112) -0,012 (584)	0,018 (441) -0,018 (176)	MAX MIN
3	9927,87 (400) -8260,25 (227)	6286,34 (372) -5177,28 (223)	2311,76 (176) -2303,71 (441)	3655,38 (432) -5360,39 (246)	3655,38 (372) -5360,39 (188)	0,026 (464) -0,026 (172)	0,014 (112) -0,014 (584)	0,020 (441) -0,020 (176)	MAX MIN
4	11198,83 (400) -9086,66 (227)	6786,70 (372) -6116,24 (223)	2630,56 (176) -2621,29 (441)	4061,21 (432) -6021,59 (246)	4061,21 (372) -6021,59 (188)	0,029 (464) -0,029 (172)	0,015 (112) -0,015 (584)	0,022 (441) -0,022 (176)	MAX MIN
5	22611,36 (400) -10858,04 (227)	9393,75 (372) -10826,67 (223)	4015,11 (176) -3989,58 (441)	6208,79 (432) -9720,28 (246)	6208,79 (372) -9720,28 (188)	0,044 (464) -0,044 (172)	0,023 (112) -0,023 (584)	0,033 (441) -0,033 (176)	MAX MIN

Sezioni di calcolo

Simbologia adottata

Is Identificativo tratto-sezione-direzione (P: direzione principale, S: direzione secondaria)
 Xi, Yi Coordinate iniziali sezione del tratto, espresse in [m]
 Xf, Yf Coordinate finali sezione del tratto, espresse in [m]
 Bp Base sezione su cui agisce il momento positivo, espressa in [m]
 Hp Altezza sezione su cui agisce il momento positivo, espressa in [m]
 Bn Base sezione su cui agisce il momento negativo, espressa in [m]
 Hn Altezza sezione su cui agisce il momento negativo, espressa in [m]

Distanza fra le sezioni di calcolo del singolo tratto 0,25 [m]

Combinazione n° 1

Is	Xi [m]	Yi [m]	Xf [m]	Yf [m]	Bp [m]	Hp [m]	Bn [m]	Hn [m]
1-26-P	16,59	3,12	16,59	4,00	0,88	0,90	0,88	0,90
2-35-P	16,96	4,00	16,96	5,00	1,00	0,97	1,00	0,97
3-40-P	16,98	5,00	16,98	6,00	1,00	1,24	1,00	1,24
4-42-P	16,49	6,00	16,49	7,00	1,00	1,51	1,00	1,51
5-49-P	17,50	7,00	17,50	8,00	1,00	1,58	1,00	1,58
6-53-P	17,72	8,00	17,72	9,00	1,00	1,79	1,00	1,79
7-54-P	17,48	9,00	17,48	10,00	1,00	2,06	0,80	2,01
8-55-P	17,36	10,00	17,36	11,00	1,00	2,27	0,00	0,00
9-58-P	17,87	11,00	17,87	12,00	1,00	2,40	0,00	0,00
10-57-P	17,36	12,00	17,36	13,00	1,00	2,61	0,00	0,00
11-55-P	16,74	13,00	16,74	14,00	1,00	3,55	0,00	0,00
12-56-P	17,00	14,00	17,00	15,00	1,00	3,55	0,00	0,00
13-56-P	17,00	15,00	17,00	16,00	1,00	3,55	0,00	0,00
14-55-P	16,74	16,00	16,74	17,00	1,00	3,55	0,00	0,00
15-57-P	17,36	17,00	17,36	18,00	1,00	2,61	0,00	0,00
16-58-P	17,87	18,00	17,87	19,00	1,00	2,40	0,00	0,00
17-55-P	17,36	19,00	17,36	20,00	1,00	2,27	0,00	0,00
18-54-P	17,48	20,00	17,48	21,00	1,00	2,06	0,80	2,01
19-53-P	17,72	21,00	17,72	22,00	1,00	1,79	1,00	1,79
20-49-P	17,50	22,00	17,50	23,00	1,00	1,58	1,00	1,58
21-42-P	16,49	23,00	16,49	24,00	1,00	1,51	1,00	1,51
22-40-P	16,98	24,00	16,98	25,00	1,00	1,24	1,00	1,24
23-35-P	16,96	25,00	16,96	26,00	1,00	0,97	1,00	0,97
24-26-P	16,59	26,00	16,59	26,88	0,88	0,90	0,88	0,90
25-20-S	4,00	15,12	3,01	15,12	0,20	0,90	0,99	0,90
26-27-S	5,00	15,00	4,00	15,00	0,00	0,00	1,00	1,04
27-32-S	6,00	15,00	5,00	15,00	0,00	0,00	1,00	1,24
28-36-S	7,00	15,00	6,00	15,00	0,00	0,00	1,00	1,58
29-38-S	8,00	14,75	7,00	14,75	0,00	0,00	1,00	1,72
30-41-S	9,00	14,75	8,00	14,75	0,00	0,00	1,00	1,92
31-43-S	10,00	14,75	9,00	14,75	0,00	0,00	1,00	2,27
32-47-S	11,00	15,37	10,00	15,37	0,00	0,00	1,00	2,40
33-48-S	12,00	15,37	11,00	15,37	0,00	0,00	1,00	2,61
34-48-S	13,00	15,12	12,00	15,12	0,00	0,00	1,00	3,55
35-44-S	14,00	14,00	13,00	14,00	0,00	0,00	1,00	3,55
36-36-S	15,00	12,00	14,00	12,00	1,00	2,61	1,00	2,61
37-56-S	16,00	17,00	15,00	17,00	1,00	3,55	0,40	3,55
38-52-S	17,00	16,00	16,00	16,00	1,00	3,55	0,00	0,00
39-47-S	18,00	14,88	17,00	14,88	1,00	3,55	0,00	0,00
40-47-S	19,00	15,12	18,00	15,12	1,00	2,61	0,00	0,00
41-46-S	20,00	15,12	19,00	15,12	1,00	2,40	0,00	0,00
42-42-S	21,00	14,50	20,00	14,50	1,00	2,27	0,00	0,00

Is	Xi [m]	Yi [m]	Xf [m]	Yf [m]	Bp [m]	Hp [m]	Bn [m]	Hn [m]
43-40-S	22,00	14,51	21,00	14,51	1,00	1,92	0,00	0,00
44-40-S	23,00	15,25	22,00	15,25	1,00	1,72	0,00	0,00
45-37-S	24,00	15,25	23,00	15,25	1,00	1,58	0,00	0,00
46-30-S	25,00	14,51	24,00	14,51	1,00	1,24	0,00	0,00
47-27-S	26,00	15,00	25,00	15,00	1,00	1,04	0,00	0,00
48-20-S	26,99	15,12	26,00	15,12	0,99	0,90	0,40	0,90

Verifica flessione

Simbologia adottata

Is	Identificativo tratto-sezione-direzione (P: direzione principale, S: direzione secondaria)
A _{fi}	Area di armatura lembo inferiore espressa in [mmq]
A _{fs}	Area di armatura lembo superiore espressa in [mmq]
M _p	Momento positivo espresso in [kNm]
N _p	Sforzo positivo negativo espresso in [kN]
M _n	Momento negativo espresso in [kNm]
N _n	Sforzo normale negativo espresso in [kN]
M _u	Momento ultimo espresso in [kNm]
N _u	Sforzo normale ultimo espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1-26-P	20910	14476	40,42	-1,87	-8,83	-1,87	6378,92	-295,15	157.811
2-35-P	24127	19302	115,26	-2,08	-14,38	-2,08	8087,86	-145,93	70.170
3-40-P	24127	16085	260,08	-1,77	-23,11	-1,77	10612,24	-72,26	40.804
4-42-P	24127	19302	461,23	-0,22	-46,06	-0,22	13223,75	-6,44	28.671
5-49-P	24127	16889	767,05	1,44	-26,08	1,44	13842,83	25,99	18.047
6-53-P	24127	24127	1281,18	5,70	-13,15	5,70	15876,23	70,68	12.392
7-54-P	24127	23323	2098,58	12,03	-10,80	8,70	18241,87	104,59	8.693
8-55-P	24127	16889	3225,89	22,31	0,00	0,00	20280,63	140,26	6.287
9-58-P	24127	24127	4772,84	44,78	0,00	0,00	21769,52	204,26	4.561
10-57-P	24127	16889	7781,59	79,49	0,00	0,00	23571,37	240,78	3.029
11-55-P	24127	30561	13621,01	69,90	0,00	0,00	32593,96	167,25	2.393
12-56-P	24932	32170	16683,47	40,23	0,00	0,00	33538,68	80,87	2.010
13-56-P	24127	32170	16680,60	48,90	0,00	0,00	32496,34	95,26	1.948
14-55-P	24127	30561	13611,25	73,80	0,00	0,00	32609,59	176,80	2.396
15-57-P	24127	16889	7779,76	79,41	0,00	0,00	23571,16	240,59	3.030
16-58-P	24127	24127	4782,35	44,80	0,00	0,00	21769,15	203,92	4.552
17-55-P	24127	16889	3229,20	22,28	0,00	0,00	20280,32	139,94	6.280
18-54-P	24127	23323	2100,49	11,99	-10,74	8,68	18241,48	104,16	8.684
19-53-P	24127	24127	1284,30	5,69	-13,17	5,69	15875,93	70,29	12.362
20-49-P	24127	16889	767,25	1,42	-26,07	1,42	13842,62	25,67	18.042
21-42-P	24127	19302	461,11	-0,23	-46,14	-0,23	13223,66	-6,58	28.678
22-40-P	24127	16085	260,06	-1,78	-23,07	-1,78	10612,13	-72,45	40.806
23-35-P	24127	19302	115,26	-2,08	-14,39	-2,08	8087,80	-146,06	70.170
24-26-P	20910	14476	40,42	-1,87	-8,83	-1,87	6378,87	-295,28	157.813
25-20-S	12315	12315	0,00	4,10	-107,21	20,29	-4149,71	785,45	38.705
26-27-S	12315	12315	0,00	0,00	-217,74	22,67	-4728,01	492,31	21.714
27-32-S	12315	12315	0,00	0,00	-407,71	26,14	-5680,83	364,17	13.933
28-36-S	12315	12315	0,00	0,00	-754,29	32,18	-7327,30	312,60	9.714
29-38-S	12315	13547	0,00	0,00	-1207,98	33,56	-8705,38	241,86	7.207
30-41-S	12315	12315	0,00	0,00	-1728,85	35,65	-8889,98	183,34	5.142
31-43-S	12315	13547	0,00	0,00	-2477,20	39,26	-11561,86	183,22	4.667
32-47-S	12315	14778	0,00	0,00	-3492,41	37,64	-13324,57	143,61	3.815
33-48-S	12315	12315	0,00	0,00	-4950,23	27,53	-12060,31	67,07	2.436
34-48-S	12315	16010	0,00	0,00	-8269,62	14,15	-21374,82	36,58	2.585
35-44-S	12315	12315	0,00	0,00	-6378,75	18,73	-16540,58	48,57	2.593
36-36-S	12315	12315	1549,07	7,97	-2069,43	7,97	-12036,13	46,37	5.816
37-56-S	12315	16625	2475,59	-12,82	-324,13	-1,29	16369,22	-84,75	6.612
38-52-S	12315	12315	6270,61	-18,92	0,00	0,00	16381,01	-49,43	2.612
39-47-S	12315	16010	7932,31	-15,31	0,00	0,00	16452,25	-31,76	2.074
40-47-S	12315	12315	4729,42	-27,95	0,00	0,00	11896,57	-70,31	2.515
41-46-S	12315	14778	3253,35	-37,95	0,00	0,00	10885,71	-126,98	3.346
42-42-S	12315	14162	2192,56	-39,79	0,00	0,00	10177,74	-184,68	4.642
43-40-S	12315	12315	1426,96	-35,85	0,00	0,00	8541,86	-214,62	5.986
44-40-S	12315	13547	910,54	-33,42	0,00	0,00	7546,11	-276,93	8.287
45-37-S	12315	12931	511,18	-32,00	0,00	0,00	6802,12	-425,85	13.307
46-30-S	12315	12315	231,21	-26,12	0,00	0,00	5155,13	-582,34	22.296
47-27-S	12315	12315	108,74	-22,71	0,00	0,00	4112,39	-858,82	37.820
48-20-S	12315	12315	49,56	-20,30	0,00	-8,18	3320,91	-1360,10	67.010

Verifica a punzonamento

Simbologia adottata

OP	Oggetto che viene punzonato
P	Oggetto che punzona
c_1, c_2	Dimensioni pilastro nelle due direzioni, espressa in [mm]
d	Altezza utile della fondazione, espressa in [mm]
u_0	Lunghezza perimetro di verifica a faccia pilastro, espresso in [mm]
u_1	Lunghezza perimetro di verifica per effetto della diffusione, espresso in [mm]
ρ_y, ρ_z	Percentuali di armatura piastra in zona tesa
dpc, duc	distanza della prima e dell'ultima cucitura dalla faccia del pilastro
$V_{Ed,i}$	Tensione di taglio sul perimetro del pilastro, espressa in [N/mm ²]
$V_{Rd,max}$	Valore di progetto del massimo taglio-punzonamento resistente, espressa in [N/mm ²]
$V_{Ed,f}$	Tensione di taglio sul perimetro di verifica u_1 , espresso in [N/mm ²]
$V_{Rd,cf}$	Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente senza armature sul perimetro di verifica u_1 , espresso in [N/mm ²]
$V_{Rd,cs}$	Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente con armature, espresso in [N/mm ²]
nsc	Numero di serie di cuciture
nc	Numero di cuciture
FS	Fattore di sicurezza (minore tra i rapporti $V_{Rd,max}/V_{Ed,i}$, $V_{Rd,cf}/V_{Ed,f}$ e $V_{Rd,cs}/V_{Ed,i}$)

Combinazione n° 1

OP	P	$V_{Ed,i}$ [N/mm ²]	$V_{Rd,max}$ [N/mm ²]	$V_{Ed,f}$ [N/mm ²]	$V_{Rd,cf}$ [N/mm ²]	$V_{Rd,cs}$ [N/mm ²]	FS
Piastra n° 1	17,18; 15,00	5,062	5,291	0,136	0,295	0,000	1.045
Piastra n° 1	17,16; 15,26	5,050	5,291	0,136	0,295	0,000	1.048
Piastra n° 1	17,14; 15,39	5,034	5,291	0,135	0,295	0,000	1.051
Piastra n° 1	17,11; 15,52	5,013	5,291	0,135	0,295	0,000	1.056
Piastra n° 1	17,08; 15,65	4,985	5,291	0,134	0,295	0,000	1.061
Piastra n° 1	17,03; 15,77	4,951	5,291	0,133	0,295	0,000	1.069
Piastra n° 1	16,98; 15,89	4,912	5,291	0,132	0,295	0,000	1.077
Piastra n° 1	16,93; 16,01	4,867	5,291	0,131	0,295	0,000	1.087
Piastra n° 1	16,86; 16,13	4,817	5,291	0,129	0,295	0,000	1.099
Piastra n° 1	16,79; 16,24	4,761	5,291	0,128	0,295	0,000	1.111
Piastra n° 1	16,71; 16,34	4,700	5,291	0,126	0,295	0,000	1.126
Piastra n° 1	16,63; 16,44	4,634	5,291	0,125	0,295	0,000	1.142
Piastra n° 1	16,54; 16,54	4,563	5,291	0,123	0,295	0,000	1.159
Piastra n° 1	16,44; 16,63	4,488	5,291	0,121	0,295	0,000	1.179
Piastra n° 1	16,34; 16,71	4,409	5,291	0,118	0,295	0,000	1.200
Piastra n° 1	16,24; 16,79	4,327	5,291	0,116	0,295	0,000	1.223
Piastra n° 1	16,13; 16,86	4,240	5,291	0,114	0,295	0,000	1.248
Piastra n° 1	16,01; 16,93	4,151	5,291	0,112	0,295	0,000	1.275
Piastra n° 1	15,89; 16,98	4,058	5,291	0,109	0,295	0,000	1.304
Piastra n° 1	15,77; 17,03	3,963	5,291	0,106	0,295	0,000	1.335
Piastra n° 1	15,65; 17,08	3,866	5,291	0,104	0,295	0,000	1.369
Piastra n° 1	15,52; 17,11	3,767	5,291	0,101	0,295	0,000	1.405
Piastra n° 1	15,39; 17,14	3,666	5,291	0,099	0,295	0,000	1.443
Piastra n° 1	15,26; 17,16	3,564	5,291	0,096	0,295	0,000	1.484
Piastra n° 1	15,13; 17,17	3,462	5,291	0,093	0,295	0,000	1.528
Piastra n° 1	15,00; 17,18	3,359	5,291	0,090	0,295	0,000	1.575
Piastra n° 1	14,87; 17,17	3,256	5,291	0,088	0,295	0,000	1.625
Piastra n° 1	14,74; 17,16	3,154	5,291	0,085	0,295	0,000	1.678
Piastra n° 1	14,61; 17,14	3,052	5,291	0,082	0,295	0,000	1.734
Piastra n° 1	14,48; 17,11	2,952	5,291	0,079	0,295	0,000	1.793
Piastra n° 1	14,35; 17,08	2,852	5,291	0,077	0,295	0,000	1.855
Piastra n° 1	14,23; 17,03	2,755	5,291	0,074	0,295	0,000	1.920
Piastra n° 1	14,11; 16,98	2,660	5,291	0,071	0,295	0,000	1.989
Piastra n° 1	13,99; 16,93	2,568	5,291	0,069	0,295	0,000	2.061
Piastra n° 1	13,87; 16,86	2,478	5,291	0,067	0,295	0,000	2.135
Piastra n° 1	13,76; 16,79	2,392	5,291	0,064	0,295	0,000	2.212
Piastra n° 1	13,66; 16,71	2,309	5,291	0,062	0,295	0,000	2.292
Piastra n° 1	13,56; 16,63	2,230	5,291	0,060	0,295	0,000	2.373
Piastra n° 1	13,46; 16,54	2,155	5,291	0,058	0,295	0,000	2.455
Piastra n° 1	13,37; 16,44	2,084	5,291	0,056	0,295	0,000	2.538
Piastra n° 1	13,29; 16,34	2,019	5,291	0,054	0,295	0,000	2.621
Piastra n° 1	13,21; 16,24	1,958	5,291	0,053	0,295	0,000	2.703
Piastra n° 1	13,14; 16,13	1,902	5,291	0,051	0,295	0,000	2.782
Piastra n° 1	13,07; 16,01	1,851	5,291	0,050	0,295	0,000	2.858
Piastra n° 1	13,02; 15,89	1,806	5,291	0,049	0,295	0,000	2.930
Piastra n° 1	12,97; 15,77	1,767	5,291	0,047	0,295	0,000	2.995
Piastra n° 1	12,92; 15,65	1,733	5,291	0,047	0,295	0,000	3.053
Piastra n° 1	12,89; 15,52	1,706	5,291	0,046	0,295	0,000	3.102
Piastra n° 1	12,86; 15,39	1,684	5,291	0,045	0,295	0,000	3.142
Piastra n° 1	12,84; 15,26	1,669	5,291	0,045	0,295	0,000	3.171
Piastra n° 1	12,83; 15,13	1,659	5,291	0,045	0,295	0,000	3.189

OP	P	V _{Ed,i} [N/mm ²]	V _{Rd,max} [N/mm ²]	V _{Ed,f} [N/mm ²]	V _{Rd,cf} [N/mm ²]	V _{Rd,cs} [N/mm ²]	FS
Piastra n° 1	12,82; 15,00	1,656	5,291	0,045	0,295	0,000	3.195
Piastra n° 1	12,83; 14,87	1,659	5,291	0,045	0,295	0,000	3.189
Piastra n° 1	12,84; 14,74	1,669	5,291	0,045	0,295	0,000	3.171
Piastra n° 1	12,86; 14,61	1,684	5,291	0,045	0,295	0,000	3.142
Piastra n° 1	12,89; 14,48	1,706	5,291	0,046	0,295	0,000	3.102
Piastra n° 1	12,92; 14,35	1,733	5,291	0,047	0,295	0,000	3.053
Piastra n° 1	12,97; 14,23	1,767	5,291	0,047	0,295	0,000	2.995
Piastra n° 1	13,02; 14,11	1,806	5,291	0,049	0,295	0,000	2.930
Piastra n° 1	13,07; 13,99	1,851	5,291	0,050	0,295	0,000	2.858
Piastra n° 1	13,14; 13,87	1,902	5,291	0,051	0,295	0,000	2.782
Piastra n° 1	13,21; 13,76	1,958	5,291	0,053	0,295	0,000	2.703
Piastra n° 1	13,29; 13,66	2,019	5,291	0,054	0,295	0,000	2.621
Piastra n° 1	13,37; 13,56	2,084	5,291	0,056	0,295	0,000	2.538
Piastra n° 1	13,46; 13,46	2,155	5,291	0,058	0,295	0,000	2.455
Piastra n° 1	13,56; 13,37	2,230	5,291	0,060	0,295	0,000	2.373
Piastra n° 1	13,66; 13,29	2,309	5,291	0,062	0,295	0,000	2.292
Piastra n° 1	13,76; 13,21	2,392	5,291	0,064	0,295	0,000	2.212
Piastra n° 1	13,87; 13,14	2,478	5,291	0,067	0,295	0,000	2.135
Piastra n° 1	13,99; 13,07	2,568	5,291	0,069	0,295	0,000	2.061
Piastra n° 1	14,11; 13,02	2,660	5,291	0,071	0,295	0,000	1.989
Piastra n° 1	14,23; 12,97	2,755	5,291	0,074	0,295	0,000	1.920
Piastra n° 1	14,35; 12,92	2,852	5,291	0,077	0,295	0,000	1.855
Piastra n° 1	14,48; 12,89	2,952	5,291	0,079	0,295	0,000	1.793
Piastra n° 1	14,61; 12,86	3,052	5,291	0,082	0,295	0,000	1.734
Piastra n° 1	14,74; 12,84	3,154	5,291	0,085	0,295	0,000	1.678
Piastra n° 1	14,87; 12,83	3,256	5,291	0,088	0,295	0,000	1.625
Piastra n° 1	15,00; 12,82	3,359	5,291	0,090	0,295	0,000	1.575
Piastra n° 1	15,13; 12,83	3,462	5,291	0,093	0,295	0,000	1.528
Piastra n° 1	15,26; 12,84	3,564	5,291	0,096	0,295	0,000	1.484
Piastra n° 1	15,39; 12,86	3,666	5,291	0,099	0,295	0,000	1.443
Piastra n° 1	15,52; 12,89	3,767	5,291	0,101	0,295	0,000	1.405
Piastra n° 1	15,65; 12,92	3,866	5,291	0,104	0,295	0,000	1.369
Piastra n° 1	15,77; 12,97	3,963	5,291	0,106	0,295	0,000	1.335
Piastra n° 1	15,89; 13,02	4,058	5,291	0,109	0,295	0,000	1.304
Piastra n° 1	16,01; 13,07	4,151	5,291	0,112	0,295	0,000	1.275
Piastra n° 1	16,13; 13,14	4,240	5,291	0,114	0,295	0,000	1.248
Piastra n° 1	16,24; 13,21	4,327	5,291	0,116	0,295	0,000	1.223
Piastra n° 1	16,34; 13,29	4,409	5,291	0,118	0,295	0,000	1.200
Piastra n° 1	16,44; 13,37	4,488	5,291	0,121	0,295	0,000	1.179
Piastra n° 1	16,54; 13,46	4,563	5,291	0,123	0,295	0,000	1.159
Piastra n° 1	16,63; 13,56	4,634	5,291	0,125	0,295	0,000	1.142
Piastra n° 1	16,71; 13,66	4,700	5,291	0,126	0,295	0,000	1.126
Piastra n° 1	16,79; 13,76	4,761	5,291	0,128	0,295	0,000	1.111
Piastra n° 1	16,86; 13,87	4,817	5,291	0,129	0,295	0,000	1.099
Piastra n° 1	16,93; 13,99	4,867	5,291	0,131	0,295	0,000	1.087
Piastra n° 1	16,98; 14,11	4,912	5,291	0,132	0,295	0,000	1.077
Piastra n° 1	17,03; 14,23	4,951	5,291	0,133	0,295	0,000	1.069
Piastra n° 1	17,08; 14,35	4,985	5,291	0,134	0,295	0,000	1.061
Piastra n° 1	17,11; 14,48	5,013	5,291	0,135	0,295	0,000	1.056
Piastra n° 1	17,14; 14,61	5,034	5,291	0,135	0,295	0,000	1.051
Piastra n° 1	17,16; 14,74	5,050	5,291	0,136	0,295	0,000	1.048

5.9 VERIFICA EQUILIBRIO DI CORPO RIGIDO

Per lo Stato Limite Ultimo di Equilibrio come corpo rigido della fondazione della recinzione si utilizzano i coefficienti della colonna EQU della tabella 2.6.I di [IX].

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_f			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Si effettua la verifica nei confronti dello stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU) assumendo i coefficienti della colonna EQU della tab. 2.6.I riportata precedentemente.

Pertanto:

Peso proprio fondazione: 20735,77 kN

Peso terreno rinterro: 12818,73 kN

$M_{RIB}=1,5 (178398,10+1535,88 \cdot 3,55)=275775,71$ kNm (momento ribaltante)

$M_{STAB}=0,9 (6826+20735,77+12818,73) \cdot 24,00/2=436110,60$ kNm (momento stabilizzante)

$FS= M_{STAB} / M_{RIB}= 1,58$

5.10 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Dalla lettura delle specifiche normative tecniche (§ 6.4.3.2. di [XI]) si evince che, completata la verifica agli SLU, occorre analizzare il comportamento dei pali nelle condizioni di esercizio in relazione alle opportune combinazioni di carico evidenziate nel § 4.3 della presente relazione.

Specificamente, "si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione".

Pertanto, la struttura della fondazione in oggetto è stata stabilita nel rispetto dei summenzionati requisiti prestazionali, tenendo opportunamente conto degli effetti di interazione tra struttura e terreno .

Cedimenti

Simbologia adottata

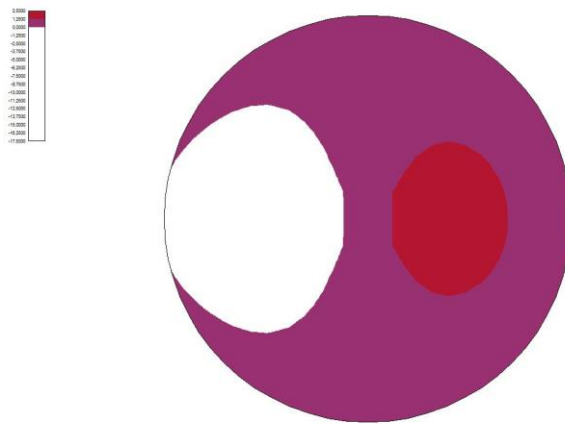
Oggetto	Oggetto al quale appartiene il punto di calcolo
X, Y	Coordinate punto in cui è stato calcolato il cedimento, espresso in [m]
w	Cedimento, espresso in [mm]

Combinazione n° 4

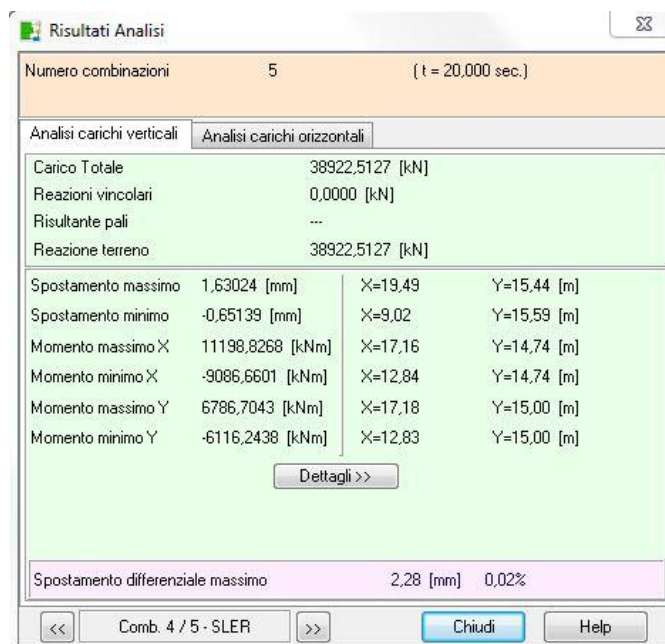
Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	27,00	15,00	0,616
Piastra n° 1	26,94	16,18	0,615
Piastra n° 1	26,77	17,34	0,613
Piastra n° 1	26,48	18,48	0,608
Piastra n° 1	26,09	19,59	0,602
Piastra n° 1	25,58	20,66	0,594
Piastra n° 1	24,98	21,67	0,584
Piastra n° 1	24,28	22,61	0,574
Piastra n° 1	23,49	23,49	0,551
Piastra n° 1	22,61	24,28	0,545
Piastra n° 1	21,67	24,98	0,526
Piastra n° 1	20,66	25,58	0,508
Piastra n° 1	19,59	26,09	0,489
Piastra n° 1	18,48	26,48	0,470
Piastra n° 1	17,34	26,77	0,451
Piastra n° 1	16,18	26,94	0,432
Piastra n° 1	15,00	27,00	0,411
Piastra n° 1	13,82	26,94	0,391
Piastra n° 1	12,66	26,77	0,370
Piastra n° 1	11,52	26,48	0,350
Piastra n° 1	10,41	26,09	0,332
Piastra n° 1	9,34	25,58	0,318
Piastra n° 1	8,33	24,98	0,307
Piastra n° 1	7,39	24,28	0,193
Piastra n° 1	6,51	23,49	0,171
Piastra n° 1	5,72	22,61	0,158
Piastra n° 1	5,02	21,67	0,149
Piastra n° 1	4,42	20,66	0,142
Piastra n° 1	3,91	19,59	0,136
Piastra n° 1	3,52	18,48	0,133
Piastra n° 1	3,23	17,34	0,130
Piastra n° 1	3,06	16,18	0,128

Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	3,00	15,00	0,128
Piastra n° 1	3,06	13,82	0,128
Piastra n° 1	3,23	12,66	0,130
Piastra n° 1	3,52	11,52	0,133
Piastra n° 1	3,91	10,41	0,136
Piastra n° 1	4,42	9,34	0,142
Piastra n° 1	5,02	8,33	0,149
Piastra n° 1	5,72	7,39	0,158
Piastra n° 1	6,51	6,51	0,171
Piastra n° 1	7,39	5,72	0,193
Piastra n° 1	8,33	5,02	0,306
Piastra n° 1	9,34	4,42	0,318
Piastra n° 1	10,41	3,91	0,332
Piastra n° 1	11,52	3,52	0,350
Piastra n° 1	12,66	3,23	0,370
Piastra n° 1	13,82	3,06	0,391
Piastra n° 1	15,00	3,00	0,411
Piastra n° 1	16,18	3,06	0,431
Piastra n° 1	17,34	3,23	0,451
Piastra n° 1	18,48	3,52	0,470
Piastra n° 1	19,59	3,91	0,489
Piastra n° 1	20,66	4,42	0,508
Piastra n° 1	21,67	5,02	0,526
Piastra n° 1	22,61	5,72	0,545
Piastra n° 1	23,49	6,51	0,551
Piastra n° 1	24,28	7,39	0,574
Piastra n° 1	24,98	8,33	0,584
Piastra n° 1	25,58	9,34	0,593
Piastra n° 1	26,09	10,41	0,602
Piastra n° 1	26,48	11,52	0,608
Piastra n° 1	26,77	12,66	0,613
Piastra n° 1	26,94	13,82	0,615
Piastra n° 1	15,00	15,00	0,926

Qui di seguito si riportano gli spostamenti verticali "w" della piastra di fondazione.



Spostamenti verticali "w" Combinazione caratteristica o rara



Il cedimento differenziale massimo è contenuto in valori compatibili con l'utilizzo della struttura in elevazione come risulta dal documento "D2431696-002 SGRE ON SG 6.0-170 Foundation Requirements Document T115-52A-WTC - D023-P037-T02_02 – Foundation" punto 3.8.3.

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

- Is Identificativo tratto-sezione-direzione (P: direzione principale S: direzione secondaria)
- As Area di armatura all'interno dell'area efficace, espresso in [mmq]
- Ac Area efficace, espresso in [mmq]
- Mpf Momento di prima fessurazione, espresso in [kNm]
- Npf Sforzo normale di prima fessurazione, espresso in [kN]
- Eps Deformazione unitaria media, espresso in [%]
- sm Distanza tra le fessure, espressa in [mm]
- wm Ampiezza della fessura, espressa in [mm]

Combinazione n° 2

Is	As [mmq]	Ac [mmq]	Mpf [kNm]	Npf [kN]	Eps [%]	sm [mm]	wm [mm]
1-1	3217	13587	-190,35	56,71	0,0000	0,00	0,000

Combinazione n° 3

Is	As [mmq]	Ac [mmq]	Mpf [kNm]	Npf [kN]	Eps [%]	sm [mm]	wm [mm]
1-1	3217	13587	-190,35	56,71	0,0000	0,00	0,000

5.11 VALUTAZIONE DELLA RIGIDEZZA ROTAZIONALE DINAMICA (DRS)

Si riporta a seguire la valutazione della rigidezza rotazionale dinamica e la relativa verifica rispetto al valore minimo richiesto dal fabbricante della torre. La rigidezza rotazionale dinamica è assunta pari a:

$K_r = 8 G_{dyn} R^3 / [3 (1-\nu)]$ ove:

- G_{dyn} = modulo a taglio dinamico di progetto

- R = raggio del plinto = 12,00 mt

- ν = coefficiente di Poisson = 0,35

Per il calcolo del modulo a taglio dinamico si fa riferimento alla velocità delle onde di taglio (V_s) del sottosuolo, mediata sulla profondità significativa in funzione delle pressioni indotte dai carichi.

Si adotta la formula $G_{dyn} = 0.35 \rho \langle V_s \rangle^2$ in cui $\langle V_s \rangle$ è il valore medio ponderato della velocità delle onde di taglio e ρ la densità media del sottosuolo. Nel caso in esame la $\langle V_s \rangle$ è stata assunta conservativamente pari al valore minimo della velocità equivalente delle onde a taglio valutate nell'ambito delle indagini geofisiche esecutive MASW di cui alla relazione geologica. Pertanto:

$$G_{dyn} = 0.35 \cdot 2,08 \cdot 230^2 \cdot 10^{-3} = 38,51 \text{ MPa}$$

$$DRS = 8 \cdot 38,51 \cdot 12000^3 / [3 \cdot (1 - 0,35)] = 273.006 \text{ MNm/rad}$$

Minimo richiesto dal costruttore = 165.000,00 MNm/rad come da documento "D2431696-002 SGRE ON SG 6.0-170 Foundation Requirements Document T115-52A-WTC - D023-P037-T02_02 - Foundation" punto 3.9.2.

6 METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI.

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il Programma di Calcolo "API++ Platee e Graticci - Analisi fondazione", aggiornato alla Versione 14.0 prodotto da Aztec Informatica (Casole Bruzio) con Licenza d'uso n. AIU40280G.

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Per il calcolo di piastre, plinti e graticci si utilizza il metodo degli elementi finiti. Il generatore di mesh permette di utilizzare elementi triangolari o quadrangolari, anche a deformabilità tagliente.

Per le strutture di fondazione il terreno viene modellato con una serie di molle alla Winkler non reagenti a trazione. Il calcolo delle tensioni indotte nel terreno può essere condotto con i metodi di Boussinesq, Westergaard o Frohlich. Il calcolo dei cedimenti può essere eseguito con il metodo edometrico (con il modulo edometrico o con la curva edometrica) o elastico. Il calcolo della portanza può essere fatto con i metodi di Terzaghi, Meyerhof, Hansen o Vesic.

In presenza di pali viene eseguito il calcolo di portanza verticale (di punta e laterale) e trasversale (portanza per carichi orizzontali).

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	API++ Full (Platee, Plinti e Graticci) - Analisi Fondazioni
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	STIM Engineering S.r.l.
Licenza	AIU40280G

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza

del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

PROGETTAZIONE:

ing. Massimo CANDEO

Ord. Ing.ri Bari n°3755

A circular professional stamp in blue ink. The text inside the stamp reads "Ing. Massimo CANDEO" at the top, "INGEGNERI PROV. DI BARI" around the inner edge, and "N. 3755" in the center. Below the stamp is a handwritten signature in blue ink that appears to read "Massimo Candeo".