

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: Barletta-Andria-Trani

COMUNE: MINERVINO MURGE

ELABORATO:

R.STRU

OGGETTO:

**Integrale ricostruzione del Parco Eolico
"Minervino" dismissione dei 9
aerogeneratori esistenti installazione di 5
aerogeneratori da 7,2 MWe/CAD**

PROGETTO DEFINITIVO

Calcoli preliminari delle strutture

PROPONENTE:

Minervino Wind srl
Via Chiese, n°72 - 20126 Milano
PI/CF: 06642571001

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 Cancellotto, 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:
MAGGIO 2023	0	Emissione	ing. Marco Evangelista	ing. Massimo Candeo

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

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	4
2.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IN GENERALE	4
2.2	FASI DI LAVORO PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	7
2.3	DATI STRUTTURALI DI PROGETTO	9
3	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	10
4	INPUT DI MODELLAZIONE NUMERICA FEM	12
4.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI MINERVINO MURGE	12
4.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	15
4.3	IPOSTESI DI PROGETTO E PARAMETRI SISMICI	16
4.4	CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE: EFFICACIA DEL MODELLO	17
5	ANALISI STRUTTURALE	18
5.1	VALORI DI PROGETTO DELLA RESISTENZA DEI MATERIALI STRUTTURALI	18
5.2	PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO DI FONDAZIONE	19
5.3	ACCIAIO PER OPERE IN C.A.	19
5.4	DEFINIZIONE DEL COPRIFERRO	20
5.5	CLASSE DI ESPOSIZIONE	20
5.6	AZIONI DI PROGETTO	21
5.7	COMBINAZIONI DI CARICO	22
5.8	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)	24
6	DATI	26
6.1	MATERIALI	26
6.2	GEOMETRIA	26
6.3	SPESSORI PIASTRA	27
6.4	DESCRIZIONE TERRENI	27
6.5	CARICHI	29
6.6	DETTAGLI CALCOLO CAPACITA' PORTANTE	34
7	PRINCIPALI VERIFICHE	34
7.1	VERIFICHE GEOTECNICHE	34
7.2	VERIFICHE STRUTTURALI	35
7.3	VERIFICA EQUILIBRIO DI CORPO RIGIDO	40
7.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	40
7.5	VALUTAZIONE DELLA RIGIDEZZA ROTAZIONALE DINAMICA (DRS)	49
8	METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI	51

1 PREMESSA

La presente Relazione è strutturata come di seguito:

- Il CAPITOLO 2 è introduttivo e descrittivo;
- il CAPITOLO 3 riporta le norme di riferimento;
- il CAPITOLO 4 individua la categoria sismica del sottosuolo del sito di realizzazione;
- il CAPITOLO 5 indica l'origine e la tipologia delle condizioni di carico elementari considerate permanenti e variabili in termini di carico accidentale generico ed indica le modalità secondo norma in cui saranno combinati per l'analisi dei diversi stati limite (ultimi e di esercizio);
- il CAPITOLO 6 definisce i dati di calcolo in termini di geometria del modello e di resistenza di progetto dei materiali strutturali utilizzati nonché condizioni di carico elementari e le successive combinazioni individuate
- il CAPITOLO 7 riporta i principali risultati dell'analisi;
- il CAPITOLO 8 riporta le metodologie di calcolo e software commerciale utilizzati.

2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

2.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IN GENERALE

Lo scopo del presente lavoro è progettare l'intervento di integrale ricostruzione dell'impianto eolico esistente di proprietà di Minervino Wind s.r.l.

Ad oggi l'impianto è composto da 9 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 2 MWe (modello Repower MM82), ed è attualmente collegato alla rete elettrica nazionale tramite la sottostazione 380/150kV denominata "Andria Terna", ubicata nel comune di Andria (BT). La società proponente è interessata ad intraprendere un progetto di integrale ricostruzione del parco eolico esistente con l'obiettivo di ridurre il numero di aerogeneratori da 9 a 5 ed aumentare la potenza complessiva installata e la producibilità annua dell'impianto.

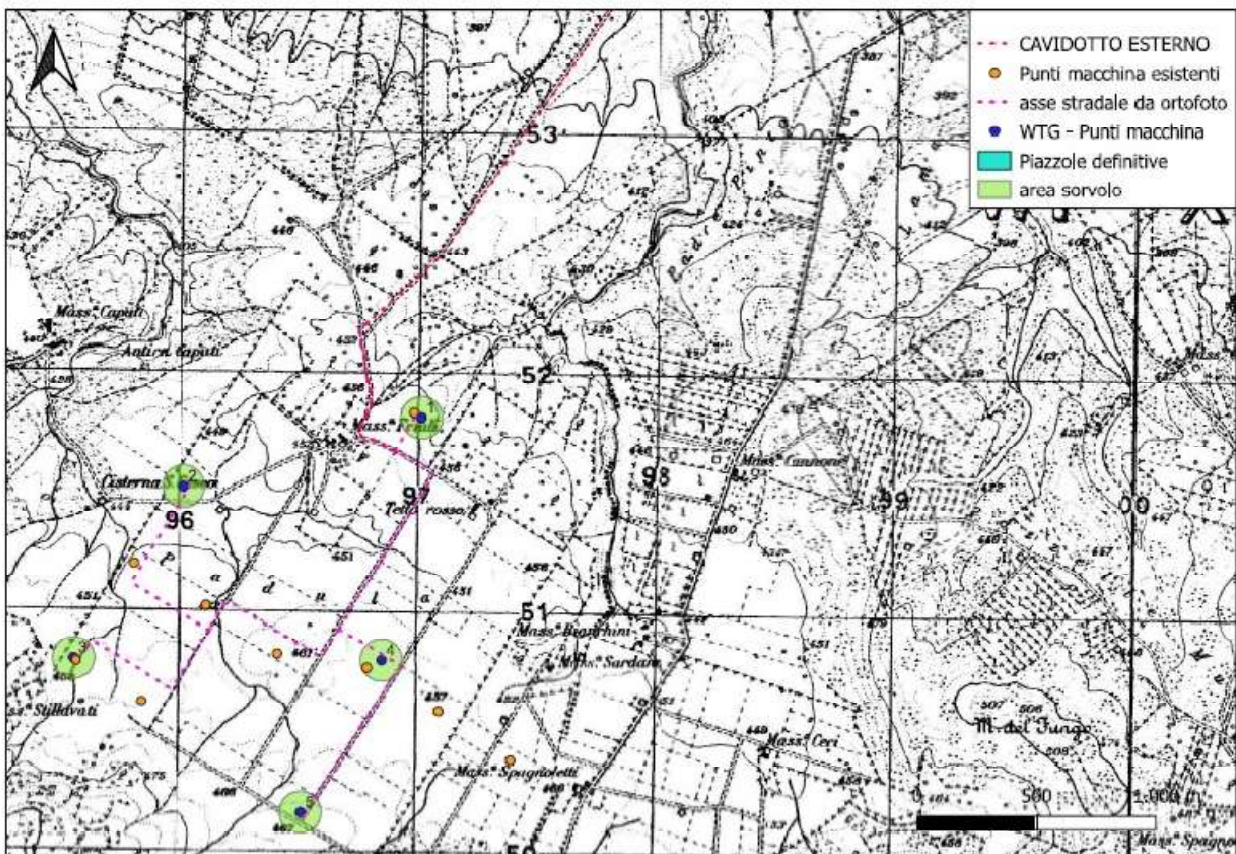


Figura 1.1: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su base cartografica IGM scala 1:25000

FIG.0 - UBICAZIONE GENERATORI ESISTENTI E DI PROGETTO

WTG	COMUNE	Estremi catastali		Coordinate WGS84 UTM 33N	
		Fg.	P.IIa	E	N
WTG1	MINERVINO MURGE	68	185	596940.27	4551620.99
WTG2	MINERVINO MURGE	68	174	595948.10	4551322.05
WTG3	MINERVINO MURGE	68	174	595496.16	4550601.77
WTG4	MINERVINO MURGE	68	168	596785.84	4550606.75
WTG5	MINERVINO MURGE	68	121	596454.05	4549968.64

Layout di progetto – Posizione aerogeneratori

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

La scelta definitiva dell’aerogeneratore sarà effettuata prima dell’avvio dei lavori. Ad oggi la scelta della macchina ricade sui seguenti modelli:

- Vestas V172 7.2 MW, che presenta una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a 114 mt dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a 172 m (raggio rotore pari a 86 m), per un’altezza massima complessiva del sistema torre-pale di 200 mt slt;
- Nordex N175, che presenta una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a 112 mt dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a 175m (raggio rotore pari a 87,5 m), per un’altezza massima complessiva del sistema torre-pale di 200 mt slt.

Modelli simili, aventi le stesse caratteristiche geometriche e prestazionali, ma di altri costruttori, potrebbero arrivare sul mercato nei prossimi mesi, prima dell’avvio dei lavori del presente progetto, e potrebbero sostituire quelle citati.

L’aerogeneratore impiegato nel presente progetto avrà un’altezza massima complessiva del sistema torre-pale di circa **200** mt rispetto al suolo.

Ferme restando le caratteristiche geometriche e prestazionali appena enunciate, il modello di aerogeneratore effettivamente utilizzato sarà pertanto scelto prima dell’avvio dei lavori e comunicato unicamente alla Comunicazione di Inizio Lavori.

L’aerogeneratore impiegato nel presente elaborato 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 **114 mt** dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a **172 m**, per un’altezza massima complessiva del sistema torre-pale di **200** mt rispetto al suolo. Sarà impiegata una turbina eolica del tipo **V172-7,2 MW Vestas da 7,2 MW**.

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:

- collegamento alla SOTTO STAZIONE UTENTE di connessione e consegna AT/MT 380/150 kV, ubicata all'interno dei confini amministrativi del Comune di Andria, denominata "Andria Terna";
- posa in opera di cavi 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.

2.2 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 alle 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;
- messa in opera dei cavidotti interrati;
- realizzazione della connessione elettrica d'impianto alla rete 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;
- adeguamento/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;
- 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.

2.3 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 114 mt dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a 172 m (lunghezza pala 86 mt circa), per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di 200 mt.

Come detto potrebbe essere impiegata una turbina eolica del tipo **V172-7,2 MW Vestas da 7,2 MW**.

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.

In relazione alle stratigrafie ed al modello geotecnico assunti per gli aerogeneratori si adotterà un'unica tipologia di fondazione per il parco in esame e precisamente:

fondazioni di tipo diretto (superficiali) per gli aerogeneratori denominati WTG1, WTG2, WTG3, WTG4, WTG5

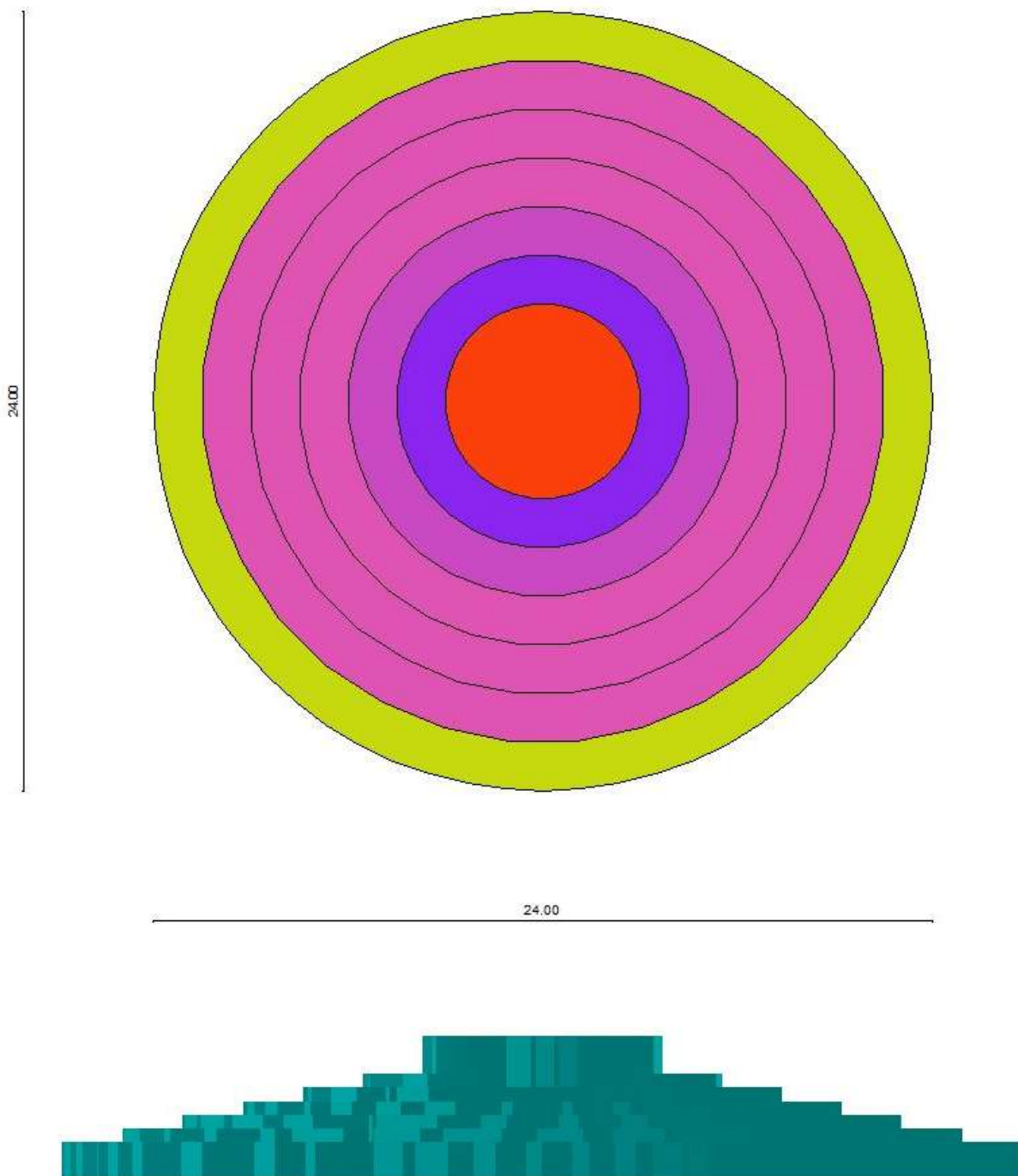
La struttura di fondazione è costituita da:

- Piastra circolare in c.a. del diametro $D=24,00$ ml, con un'altezza variabile da mt 0.90 a mt 2.75 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 3,35.

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 in c.a. del diametro $D=24,00$ ml, con un'altezza variabile da mt 0.90 a mt 2.75 fino ad una circonferenza concentrica del diametro di mt 6,0.



Geometria della fondazione superficiale di tipo diretto (A06 E A07)

3 **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.

4 INPUT DI MODELLAZIONE NUMERICA FEM

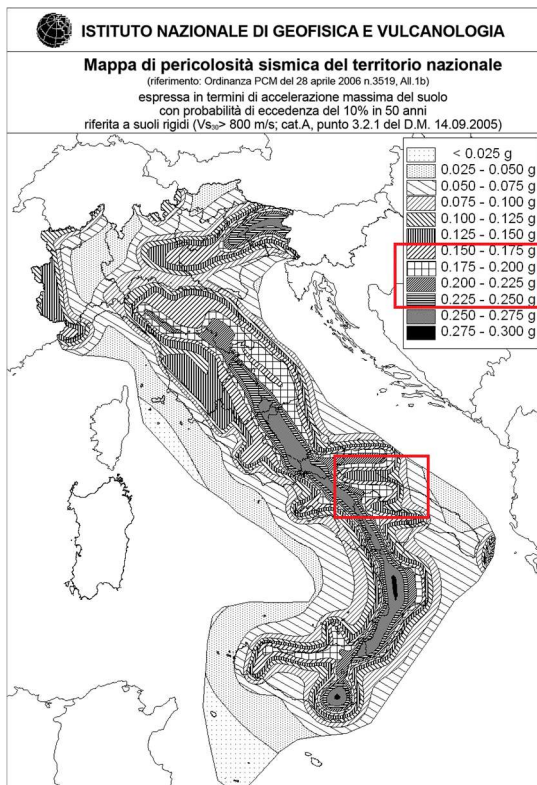
4.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI MINERVINO MURGE

Ai fini sismici il territorio di Minervino è incluso nell'elenco delle località sismiche appartenenti alla zona 2. 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.

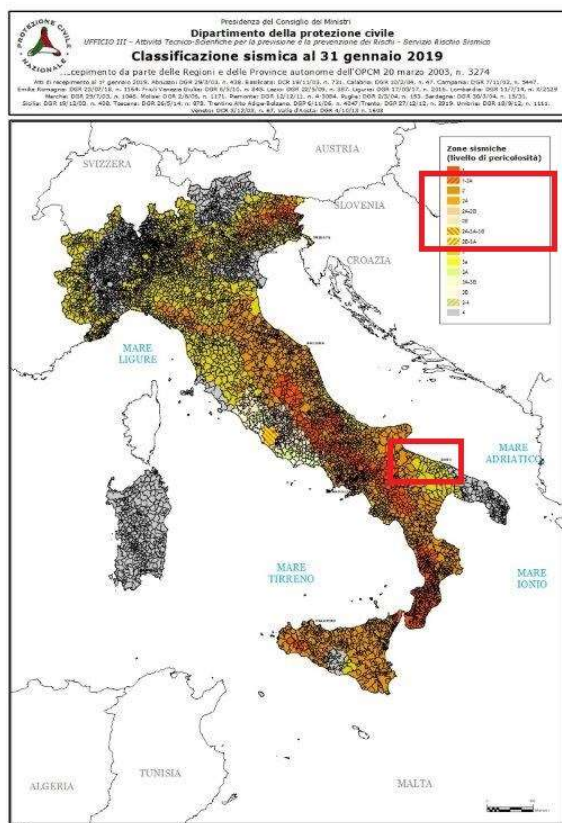
zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)
	[a_g/g]	[a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

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 sottozone 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:



Mappa 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

<u>WTG1</u>	WGS84 LONG-LAT	16.154570°	41.110095°	
	T _R	a _g /g	F ₀	T _c *
SLO	30	0.0407	2.57	0.27
SLD	50	0.0569	2.50	0.29
SLV	475	0.1904	2.48	0.35
SLC	975	0.274	2.38	0.37
<u>WTG2</u>	WGS84 LONG-LAT	16.142709	41.107520	
	T _R	a _g /g	F ₀	T _c *
SLO	30	0.041	2.57	0.27
SLD	50	0.0572	2.50	0.29
SLV	475	0.1907	2.48	0.35
SLC	975	0.2741	2.38	0.37
<u>WTG3</u>	WGS84 LONG-LAT	16.137216	41.101086	
	T _R	a _g /g	F ₀	T _c *
SLO	30	0.0411	2.57	0.27
SLD	50	0.0572	2.50	0.29
SLV	475	0.1905	2.48	0.35
SLC	975	0.2737	2.38	0.37
<u>WTG4</u>	WGS84 LONG-LAT	16.152572	41.100979	
	T _R	a _g /g	F ₀	T _c *
SLO	30	0.0407	2.57	0.27
SLD	50	0.0567	2.50	0.29
SLV	475	0.1898	2.48	0.35
SLC	975	0.2731	2.38	0.37
<u>WTG5</u>	WGS84 LONG-LAT	16.148521	41.095271	
	T _R	a _g /g	F ₀	T _c *
SLO	30	0.0407	2.57	0.27
SLD	50	0.0566	2.50	0.29
SLV	475	0.1895	2.48	0.35
SLC	975	0.2726	2.38	0.37

Tabella 1 – Coordinate geografiche e parametri di pericolosità sismica

4.2 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 DOWN HOLE come riportato nelle Relazioni Geologica e Geotecnica redatte dal Dott. Geol. Raffaele Sassone: 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.

In particolare, come riportato nella Relazione Geotecnica redatta dal Dott. Geol. Raffaele Sassone, si rileva che le 3 prove down hole eseguite nel 2008 nei punti A1, A3 e A8 hanno permesso di calcolare i valori di Vs30 per le varie condizioni del sottosuolo. Le prove condotte hanno evidenziato i seguenti risultati:

Torre A1 Vs30 = 471 m/s roccia sub-affiorante intensamente fratturata

Torre A3 Vs30 = 470 m/s roccia sub-affiorante intensamente fratturata

Torre A8 Vs30 = 194 m/s terreni sabbioso-argillosi con brecce calcaree

In base a questi valori è stato possibile ascrivere i terreni costituiti da roccia altamente fratturata alla Categoria B dei suoli di fondazione mentre nel caso di terreni sciolti questi ricadono nei suoli di fondazione appartenenti alla Categoria C.

A seguito dell'entrata in vigore dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, il parametro Vs30 è stato sostituito con il parametro Vseq.

In condizioni di terreni di fondazione costituiti da terreni sciolti con bedrock sismico collocato oltre i 30 m dal p.c. i due parametri coincidono: Vs30= Vseq.

Diversamente per terreni di fondazione con bedrock sismico posto ad una quota inferiore a 30 m, va calcolata la velocità delle onde S nello spessore H di terreno posto al di sopra del bedrock secondo quanto riportato nella formula seguente:

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

con:

hi: spessore dell'i-esimo strato;

VS,i: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N: numero di strati;

H: profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Nel caso specifico, pur trattandosi di roccia calcarea (terreno molto rigido, così come da definizione), le Vs ottenute nella prova down hole sono estremamente basse, tanto da non consentire una chiara definizione della quota di affioramento del bedrock sismico.

Con molta probabilità il bedrock sarà collocato ad oltre 30 m dal p.c. Pertanto, è possibile applicare l'equazione $V_{s30} = V_{seq}$.

Quindi, in base ai valori di V_{s30} precedentemente riportati è possibile ascrivere i terreni di fondazione dei nuovi 5 aerogeneratori, costituiti da roccia altamente fratturata alla Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Categoria Descrizione

A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ 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 Depositati 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 Depositati 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 $i \leq 15^\circ$ ".

4.3 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 o C).

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]**

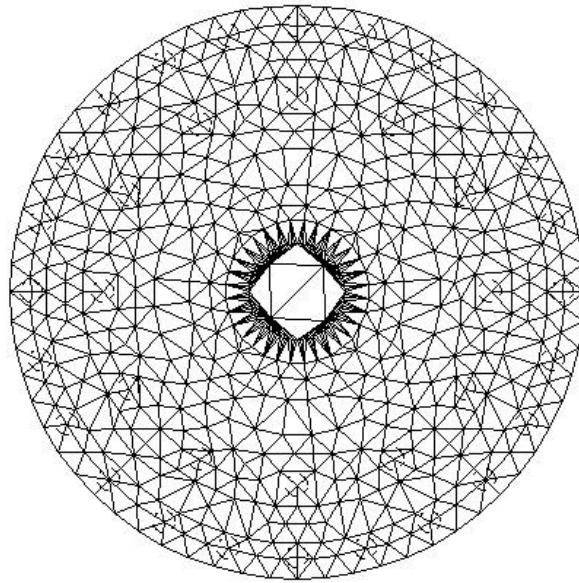
Nel caso specifico valgono i parametri sismici riportati nella precedente Tabella 1.

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**.*

4.4 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 = 1222; n. nodi = 644

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 rigidità laterale, che è funzione delle caratteristiche del terreno .

In considerazione dell'assetto litostratigrafico e geotecnico dell'area, rivelatasi nell'insieme omogenea, la caratterizzazione stratigrafica determinata è da considerarsi caratteristica per i siti di realizzazione degli aerogeneratori denominati A01,A02,A03,A04,A05.

5 ANALISI STRUTTURALE

5.1 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

5.2 PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO DI FONDAZIONE

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

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

5.3 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:

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

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

$$A_s > 7,5\%$$

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

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

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

5.4 DEFINIZIONE DEL COPRIFERRO

Classe di esposizione XC2

Classe strutturale S4

Copriferro nominale=Copriferro minimo + ΔC_{DEV}

Copriferro minimo= $\max(C_{minb}; C_{min,dur} + \Delta C_{DUR\gamma} - \Delta C_{ST} + \Delta C_{DUR,ADD}; 10 \text{ mm})$

C_{minb} = diametro barra isolata 32 mm

$C_{min,dur}$ =25 mm

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

$\Delta C_{ST} = 0$

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

$\Delta C_{DEV} = 10 \text{ mm}$

Copriferro minimo= C_{minb} = 32 mm

Copriferro nominale = 32 +10 = 42 mm

Copriferro nominale scelto= 50 mm

5.5 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.

5.6 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 "0126-4974 VER 02 Preliminary Combine Foundation Loads – TAC7200 EV172-6.5/6.8/7.2MW, Mk1C, IEC, 114 m, 50/60 Hz, GS" .

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

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 ininfluenti 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.

5.7 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):

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

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;

$\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$ 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;

ψ_{0j} , ψ_{1j} , ψ_{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.

5.8 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 fondazione su pali per un gruppo di aerogeneratori (WTG01 e WTG02), e di fondazione superficiale per gli altri aerogeneratori in progetto (WTG03, WTG04, WTG05, WTG06) 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 posaLe verifiche GEO sono riportate al paragrafo 6.6.
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturaliLe verifiche STR sono riportate al paragrafo 6.7
- EQU verifica allo stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) per le fondazioni dirette.

Le verifiche EQU sono riportate al paragrafo 7.3 per la fondazione di tipo diretto.

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	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	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	γ_γ	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 γ_R
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,5$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

6 DATI

6.1 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

6.2 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

6.3 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	

6.4 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 consentendo di individuare un'unica successione di terreni consistente in litotipo calcareo a partire da 1 mt al di sotto dell'attuale piano campagna, essendo il primo metro consistente in terreno vegetale privo di significative caratteristiche geotecniche: in pratica, data la profondità del piano di intradosso della piastra di fondazione e considerando la presenza di sottostante spessore in calcestruzzo magro, tale strato non sarà interessato dalle strutture.

La falda idrica superficiale non è presente in nessuna delle aree investigate, mentre quella profonda non ha interazione con 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.].

Per i siti di ubicazione degli aerogeneratori WTG1,WTG2,WTG3,WTG4,WTG5

- Unità A: calcare e calcare dolomitico a grana fine, duro, intensamente fratturato, localmente livelli e tasche di argille sabbiose brune

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

Categoria di sottosuolo B

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 similari a quelli in studio.

In particolare sono state parametrizzate le Unità geotecniche 1 e 2 di entrambi i gruppi di aerogeneratori.

Unità A: calcare e calcare dolomitico a grana fine, duro, intensamente fratturato, localmente livelli e tasche di argille sabbiose brune

Parametri geotecnici principali caratteristici:

γ (kN/m³) Peso per unità di volume naturale 21.50

ϕ (°) Angolo di attrito = 26°

c' (kPa) Coesione efficace = 1000

E (MPa) Modulo Elastico Statico = 1000

E_M (MPa) Modulo di deformazione = 1000

G_0 (MPa) Modulo di taglio = 350

ν Coefficiente di Poisson = 0,47

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

Comportamento Strato: addensato

Falda: Assente.

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

Comportamento Strato: Roccioso

In definitiva si assumono i seguenti modelli geotecnici.

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	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]
Calcere e calcare dolomitico	22,000	22,000	26.00	17.33	1,0000	0,5000

Modello geotecnico aerogeneratori WTG1 WTG2 WTG3 WTG4 WTG5

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
Calcere e calcare dolomitico	1000,000	0.0000	0.0000	1.0000	1000,000	0.470

6.5 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]

Carichi concentrati

Oggetto	X	Y	N	Mx	My	Tx	Ty
	[m]	[m]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Piastra	17,18	15,00	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,17	15,13	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,16	15,26	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,14	15,39	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,11	15,52	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,08	15,65	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,03	15,77	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,98	15,89	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,93	16,01	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,86	16,13	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,79	16,24	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,71	16,34	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,63	16,44	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,54	16,54	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,44	16,63	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,34	16,71	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,24	16,79	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,13	16,86	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,01	16,93	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,89	16,98	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,77	17,03	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,65	17,08	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,52	17,11	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,39	17,14	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,26	17,16	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,13	17,17	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,00	17,18	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,87	17,17	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,74	17,16	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,61	17,14	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,48	17,11	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,35	17,08	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,23	17,03	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,11	16,98	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,99	16,93	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,87	16,86	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,76	16,79	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,66	16,71	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,56	16,63	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,46	16,54	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,37	16,44	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,29	16,34	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,21	16,24	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,14	16,13	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,07	16,01	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,02	15,89	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,97	15,77	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,92	15,65	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,89	15,52	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,86	15,39	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,84	15,26	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	12,83	15,13	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,82	15,00	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,83	14,87	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,84	14,74	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,86	14,61	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,89	14,48	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,92	14,35	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,97	14,23	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,02	14,11	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,07	13,99	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,14	13,87	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,21	13,76	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,29	13,66	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,37	13,56	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,46	13,46	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,56	13,37	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,66	13,29	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,76	13,21	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,87	13,14	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,99	13,07	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,11	13,02	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,23	12,97	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,35	12,92	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,48	12,89	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,61	12,86	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,74	12,84	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,87	12,83	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,00	12,82	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,13	12,83	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,26	12,84	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,39	12,86	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,52	12,89	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,65	12,92	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,77	12,97	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,89	13,02	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,01	13,07	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,13	13,14	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,24	13,21	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,34	13,29	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,44	13,37	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,54	13,46	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,63	13,56	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,71	13,66	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,79	13,76	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,86	13,87	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,93	13,99	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,98	14,11	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,03	14,23	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,08	14,35	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,11	14,48	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,14	14,61	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,16	14,74	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,17	14,87	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000

Condizione n° 2 - Estremi torre [Variabile - $\Psi_0=1.00$ $\Psi_1=0.90$ $\Psi_2=0.80$]

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	17,18	15,00	-1366,932	0,000	0,000	13,003	56,238
Piastra	17,17	15,13	-1364,438	0,000	0,000	9,607	56,136
Piastra	17,16	15,26	-1356,965	0,000	0,000	6,224	55,828
Piastra	17,14	15,39	-1344,541	0,000	0,000	2,866	55,317
Piastra	17,11	15,52	-1327,211	0,000	0,000	-0,456	54,604
Piastra	17,08	15,65	-1305,038	0,000	0,000	-3,728	53,692
Piastra	17,03	15,77	-1278,104	0,000	0,000	-6,939	52,584
Piastra	16,98	15,89	-1246,505	0,000	0,000	-10,078	51,284
Piastra	16,93	16,01	-1210,358	0,000	0,000	-13,132	49,797
Piastra	16,86	16,13	-1169,795	0,000	0,000	-16,091	48,128
Piastra	16,79	16,24	-1124,963	0,000	0,000	-18,944	46,283
Piastra	16,71	16,34	-1076,026	0,000	0,000	-21,680	44,270
Piastra	16,63	16,44	-1023,163	0,000	0,000	-24,290	42,095
Piastra	16,54	16,54	-966,567	0,000	0,000	-26,763	39,767
Piastra	16,44	16,63	-906,444	0,000	0,000	-29,092	37,293
Piastra	16,34	16,71	-843,013	0,000	0,000	-31,267	34,683
Piastra	16,24	16,79	-776,506	0,000	0,000	-33,280	31,947
Piastra	16,13	16,86	-707,166	0,000	0,000	-35,125	29,094
Piastra	16,01	16,93	-635,245	0,000	0,000	-36,793	26,135
Piastra	15,89	16,98	-561,006	0,000	0,000	-38,281	23,081
Piastra	15,77	17,03	-484,721	0,000	0,000	-39,581	19,942
Piastra	15,65	17,08	-406,666	0,000	0,000	-40,689	16,731
Piastra	15,52	17,11	-327,128	0,000	0,000	-41,601	13,459
Piastra	15,39	17,14	-246,396	0,000	0,000	-42,314	10,137
Piastra	15,26	17,16	-164,765	0,000	0,000	-42,825	6,779

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	15,13	17,17	-82,533	0,000	0,000	-43,133	3,396
Piastra	15,00	17,18	0,000	0,000	0,000	-43,235	0,000
Piastra	14,87	17,17	82,533	0,000	0,000	-43,133	-3,396
Piastra	14,74	17,16	164,765	0,000	0,000	-42,825	-6,779
Piastra	14,61	17,14	246,396	0,000	0,000	-42,314	-10,137
Piastra	14,48	17,11	327,128	0,000	0,000	-41,601	-13,459
Piastra	14,35	17,08	406,666	0,000	0,000	-40,689	-16,731
Piastra	14,23	17,03	484,721	0,000	0,000	-39,581	-19,942
Piastra	14,11	16,98	561,006	0,000	0,000	-38,281	-23,081
Piastra	13,99	16,93	635,245	0,000	0,000	-36,793	-26,135
Piastra	13,87	16,86	707,166	0,000	0,000	-35,125	-29,094
Piastra	13,76	16,79	776,506	0,000	0,000	-33,280	-31,947
Piastra	13,66	16,71	843,013	0,000	0,000	-31,267	-34,683
Piastra	13,56	16,63	906,444	0,000	0,000	-29,092	-37,293
Piastra	13,46	16,54	966,567	0,000	0,000	-26,763	-39,767
Piastra	13,37	16,44	1023,163	0,000	0,000	-24,290	-42,095
Piastra	13,29	16,34	1076,026	0,000	0,000	-21,680	-44,270
Piastra	13,21	16,24	1124,963	0,000	0,000	-18,944	-46,283
Piastra	13,14	16,13	1169,795	0,000	0,000	-16,091	-48,128
Piastra	13,07	16,01	1210,358	0,000	0,000	-13,132	-49,797
Piastra	13,02	15,89	1246,505	0,000	0,000	-10,078	-51,284
Piastra	12,97	15,77	1278,104	0,000	0,000	-6,939	-52,584
Piastra	12,92	15,65	1305,038	0,000	0,000	-3,728	-53,692
Piastra	12,89	15,52	1327,211	0,000	0,000	-0,456	-54,604
Piastra	12,86	15,39	1344,541	0,000	0,000	2,866	-55,317
Piastra	12,84	15,26	1356,965	0,000	0,000	6,224	-55,828
Piastra	12,83	15,13	1364,438	0,000	0,000	9,607	-56,136
Piastra	12,82	15,00	1366,932	0,000	0,000	13,003	-56,238
Piastra	12,83	14,87	1364,438	0,000	0,000	16,399	-56,136
Piastra	12,84	14,74	1356,965	0,000	0,000	19,782	-55,828
Piastra	12,86	14,61	1344,541	0,000	0,000	23,140	-55,317
Piastra	12,89	14,48	1327,211	0,000	0,000	26,462	-54,604
Piastra	12,92	14,35	1305,038	0,000	0,000	29,734	-53,692
Piastra	12,97	14,23	1278,104	0,000	0,000	32,945	-52,584
Piastra	13,02	14,11	1246,505	0,000	0,000	36,084	-51,284
Piastra	13,07	13,99	1210,358	0,000	0,000	39,138	-49,797
Piastra	13,14	13,87	1169,795	0,000	0,000	42,097	-48,128
Piastra	13,21	13,76	1124,963	0,000	0,000	44,950	-46,283
Piastra	13,29	13,66	1076,026	0,000	0,000	47,686	-44,270
Piastra	13,37	13,56	1023,163	0,000	0,000	50,296	-42,095
Piastra	13,46	13,46	966,567	0,000	0,000	52,770	-39,767
Piastra	13,56	13,37	906,444	0,000	0,000	55,098	-37,293
Piastra	13,66	13,29	843,013	0,000	0,000	57,273	-34,683
Piastra	13,76	13,21	776,506	0,000	0,000	59,286	-31,947
Piastra	13,87	13,14	707,166	0,000	0,000	61,131	-29,094
Piastra	13,99	13,07	635,245	0,000	0,000	62,800	-26,135
Piastra	14,11	13,02	561,006	0,000	0,000	64,287	-23,081
Piastra	14,23	12,97	484,721	0,000	0,000	65,587	-19,942
Piastra	14,35	12,92	406,666	0,000	0,000	66,695	-16,731
Piastra	14,48	12,89	327,128	0,000	0,000	67,607	-13,459
Piastra	14,61	12,86	246,396	0,000	0,000	68,320	-10,137
Piastra	14,74	12,84	164,765	0,000	0,000	68,831	-6,779
Piastra	14,87	12,83	82,533	0,000	0,000	69,139	-3,396
Piastra	15,00	12,82	0,000	0,000	0,000	69,241	0,000
Piastra	15,13	12,83	-82,533	0,000	0,000	69,139	3,396
Piastra	15,26	12,84	-164,765	0,000	0,000	68,831	6,779
Piastra	15,39	12,86	-246,396	0,000	0,000	68,320	10,137
Piastra	15,52	12,89	-327,128	0,000	0,000	67,607	13,459
Piastra	15,65	12,92	-406,666	0,000	0,000	66,695	16,731
Piastra	15,77	12,97	-484,721	0,000	0,000	65,587	19,942
Piastra	15,89	13,02	-561,006	0,000	0,000	64,287	23,081
Piastra	16,01	13,07	-635,245	0,000	0,000	62,800	26,135
Piastra	16,13	13,14	-707,166	0,000	0,000	61,131	29,094
Piastra	16,24	13,21	-776,506	0,000	0,000	59,286	31,947
Piastra	16,34	13,29	-843,013	0,000	0,000	57,273	34,683
Piastra	16,44	13,37	-906,444	0,000	0,000	55,098	37,293
Piastra	16,54	13,46	-966,567	0,000	0,000	52,770	39,767
Piastra	16,63	13,56	-1023,163	0,000	0,000	50,296	42,095
Piastra	16,71	13,66	-1076,026	0,000	0,000	47,686	44,270
Piastra	16,79	13,76	-1124,963	0,000	0,000	44,950	46,283
Piastra	16,86	13,87	-1169,795	0,000	0,000	42,097	48,128
Piastra	16,93	13,99	-1210,358	0,000	0,000	39,138	49,797
Piastra	16,98	14,11	-1246,505	0,000	0,000	36,084	51,284
Piastra	17,03	14,23	-1278,104	0,000	0,000	32,945	52,584
Piastra	17,08	14,35	-1305,038	0,000	0,000	29,734	53,692
Piastra	17,11	14,48	-1327,211	0,000	0,000	26,462	54,604
Piastra	17,14	14,61	-1344,541	0,000	0,000	23,140	55,317
Piastra	17,16	14,74	-1356,965	0,000	0,000	19,782	55,828
Piastra	17,17	14,87	-1364,438	0,000	0,000	16,399	56,136

Peso terreno gravante sulla fondazione

Oggetto	Pt [kN]
Piastra 1	12700,2142

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	$\tan \phi^k$	γ_{ϕ^k}	1.00
Coesione efficace	c^k	γ_{c^k}	1.00
Resistenza non drenata	c_{uk}	$\gamma_{c_{uk}}$	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
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

6.6 DETTAGLI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE

Fattori correttivi portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
eyk, eyi	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 $0.5B\gamma N_c$ 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	0.982 0.984 0.977	1.056 1.043 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.743

7 PRINCIPALI VERIFICHE

7.1 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 $(N+N_p)$, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza a carico limite (P_d/N_t)

Ic	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
1	49805,21	0,00	6399773,88	0,00	2782510,38	0,00	55.868

Coefficienti di capacità portante e caratteristiche terreno di progetto

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	coeff. di capacità portante
N'c, N'q, N'y	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 _y	N' _y	H	γ	ϕ	c
							[m]	[kN/m ²]	[°]	[N/mm ²]
1	22.25	23.09	11.85	12.17	7.94	5.77	17,01	22,0000	26.000	1,0000

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 ((Ru+Rup)/ η), espressa in [kN]
 Tt Carico orizzontale totale, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza allo scorrimento (rapporto tra Td/Tt)

Ic	T	Ru	Rup	Rd	Tt	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	2028,48	241372,70	0,00	219429,73	2028,48	108.174

7.2 VERIFICHE STRUTTURALI

FONDAZIONI SUPERFICIALI DIRETTE

Risultati per combinazione

Sollecitazioni

Piastra

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	My	Mxy	Tx	Ty	Nx	Ny	Nxy	
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
1	15307,70 (227) -11599,53 (400)	9632,73 (223) -7483,93 (372)	3503,47 (441) -3515,83 (176)	7905,26 (331) -5174,51 (191)	7905,26 (283) -4951,70 (142)	0,165 (295) -0,165 (171)	0,139 (169) -0,139 (275)	0,125 (191) -0,153 (176)	MAX MIN

Ic	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	Nx [N/mmq]	Ny [N/mmq]	Nxy [N/mmq]	
2	8362,32 (227)	5646,76 (223)	1802,51 (441)	4113,83 (331)	4113,83 (283)	0,088 (295)	0,074 (169)	0,067 (191)	MAX
	-5842,87 (403)	-3291,96 (372)	-1809,98 (176)	-2856,98 (191)	-2733,52 (142)	-0,088 (171)	-0,074 (275)	-0,082 (176)	MIN
3	9282,69 (227)	6162,76 (223)	2045,35 (441)	4659,23 (331)	4659,23 (283)	0,099 (295)	0,083 (169)	0,075 (191)	MAX
	-6735,41 (403)	-3946,34 (372)	-2053,49 (176)	-3169,37 (191)	-3032,19 (142)	-0,099 (171)	-0,083 (275)	-0,092 (176)	MIN
4	10228,99 (227)	6666,91 (223)	2293,96 (441)	5213,56 (331)	5213,56 (283)	0,110 (295)	0,092 (169)	0,083 (191)	MAX
	-7630,03 (400)	-4629,58 (372)	-2302,67 (176)	-3484,61 (191)	-3333,91 (142)	-0,110 (171)	-0,092 (275)	-0,102 (176)	MIN

Verifiche strutturali

Verifica flessione

Simbologia adottata

Is	Identificativo tratto-sezione-direzione (P: direzione principale, S: direzione secondaria)
Afi	Area di armatura lembo inferiore espressa in [mmq]
Afs	Area di armatura lembo superiore espressa in [mmq]
Mp	Momento positivo espresso in [kNm]
Np	Sforzo positivo negativo espresso in [kN]
Mn	Momento negativo espresso in [kNm]
Nn	Sforzo normale negativo espresso in [kN]
Mu	Momento ultimo espresso in [kNm]
Nu	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
1-37-P	6434	3217	1,32	-0,48	-6,38	-0,48	-980,67	-73,07	153.598
2-15-P	32170	17693	100,43	-1,42	-2,06	-1,42	9548,33	-135,01	95.075
3-24-P	32170	16085	223,30	-5,83	-11,19	-5,83	13603,06	-355,18	60.918
4-53-P	32170	16085	20,25	13,88	-189,99	13,88	-7497,74	547,77	39.464
5-50-P	32170	16085	89,49	25,66	-382,30	25,66	-9807,16	658,17	25.653
6-60-P	32170	16889	12,57	40,45	-608,73	40,45	-10289,28	683,75	16.903
7-58-P	32170	16085	19,93	67,73	-1099,64	67,73	-12131,76	747,28	11.033
8-64-P	32170	16889	0,00	0,00	-1454,13	85,39	-12700,09	745,81	8.734
9-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-2662,23	154,83	-14490,06	842,69	5.443
10-57-P	32170	16889	0,00	0,00	-4603,72	314,35	-18010,77	1229,80	3.912
11-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-5878,59	293,61	-16755,24	836,86	2.850
12-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-7023,18	195,45	-16292,22	453,41	2.320
13-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-7004,60	-1,89	-15739,48	-4,25	2.247
14-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-5886,75	-114,30	-15376,11	-298,54	2.612
15-57-P	32170	16889	0,00	0,00	-4601,51	-174,43	-15789,14	-598,52	3.431
16-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-2668,69	-80,02	-13185,56	-395,38	4.941
17-54-P	32170	16085	131,69	-67,39	-1632,52	-67,39	-13033,31	-538,02	7.984
18-58-P	32170	16085	19,98	-44,10	-1100,16	-44,10	-11069,62	-443,78	10.062
19-60-P	32170	16889	12,54	-28,68	-608,33	-28,68	-9466,82	-446,39	15.562
20-50-P	32170	16085	89,65	-22,67	-382,75	-22,67	-8941,55	-529,64	23.362
21-53-P	32170	16085	20,26	-16,03	-189,87	-16,03	-6862,05	-579,17	36.141
22-24-P	32170	16085	223,33	8,84	-11,22	8,84	13885,41	549,65	62.174
23-15-P	32170	17693	100,47	6,68	-2,06	6,68	9670,79	642,64	96.257
24-37-P	6434	3217	1,32	-1,32	-6,38	-1,32	-932,98	-192,47	146.331
25-20-S	12315	12315	68,21	17,07	0,00	3,45	4258,89	1066,07	62.438
26-27-S	12315	12315	151,44	19,24	0,00	0,00	4772,26	606,25	31.513
27-32-S	12315	12315	305,06	22,20	0,00	0,00	5703,34	415,01	18.696
28-37-S	12315	12931	619,34	25,32	0,00	0,00	7323,82	299,41	11.825
29-41-S	12315	14162	1041,46	24,07	0,00	0,00	7910,93	182,86	7.596
30-42-S	12315	12315	1536,60	31,88	0,00	0,00	8892,10	184,46	5.787
31-42-S	12315	14162	2302,87	52,08	0,00	0,00	10619,27	240,15	4.611
32-47-S	12315	14778	3318,37	7,88	0,00	0,00	11056,88	26,27	3.332
33-48-S	12315	12315	4762,15	-28,67	0,00	0,00	11894,99	-71,60	2.498
34-49-S	12315	16625	7834,29	-80,51	0,00	0,00	16024,96	-164,68	2.045
35-53-S	12315	12315	6457,36	-149,25	0,00	0,00	15854,15	-366,45	2.455
36-56-S	12315	16625	2990,71	-60,12	-103,04	0,05	15973,45	-321,09	5.341

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
37-36-S	12315	12315	1811,17	-106,52	-1363,45	-106,52	11183,26	-657,73	6.175
38-43-S	12315	12315	0,00	0,00	-4255,56	-186,48	-15350,69	-672,68	3.607
39-47-S	12315	16010	0,00	0,00	-6138,08	-39,57	-21093,89	-135,98	3.437
40-46-S	12315	12315	0,00	0,00	-3695,30	-40,76	-11824,35	-130,42	3.200
41-44-S	12315	14778	0,00	0,00	-2617,37	-50,26	-12897,44	-247,66	4.928
42-43-S	12315	13547	0,00	0,00	-1846,15	-43,11	-11106,09	-259,36	6.016
43-40-S	12315	12315	0,00	0,00	-1302,48	-41,34	-8494,17	-269,60	6.522
44-40-S	12315	13547	0,00	0,00	-888,13	-27,12	-8321,64	-254,08	9.370
45-36-S	12315	12315	0,00	0,00	-538,57	-27,86	-6851,80	-354,50	12.722
46-29-S	12315	12315	0,00	0,00	-293,31	-25,35	-5229,65	-451,96	17.830
47-27-S	12315	12315	0,00	0,00	-152,76	-19,27	-4258,84	-537,36	27.880
48-19-S	12315	12315	0,00	-3,48	-70,90	-17,29	-3516,63	-857,36	49.601

Verifica a punzonamento

Simbologia adottata

OP	Oggetto che viene punzonato
P	Oggetto che punzona
c1, c2	Dimensioni pilastro nelle due direzioni, espressa in [mm]
d	Altezza utile della fondazione, espressa in [mm]
u0	Lunghezza perimetro di verifica a faccia pilastro, espresso in [mm]
u1	Lunghezza perimetro di verifica per effetto della diffusione, espresso in [mm]
ρy, ρz	Percentuali di armatura piastra in zona tesa
dpc, duc	distanza della prima e dell'ultima cucitura dalla faccia del pilastro
VEd,i	Tensione di taglio sul perimetro del pilastro, espressa in [N/mmq]
VRd,max	Valore di progetto del massimo taglio-punzonamento resistente, espressa in [N/mmq]
VEd,f	Tensione di taglio sul perimetro di verifica u1, espresso in [N/mmq]
VRd,cf	Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente senza armature sul perimetro di verifica u1, espresso in [N/mmq]
VRd,cs	Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente con armature, espresso in [N/mmq]
nsc	Numero di serie di cuciture
nc	Numero di cuciture
FS	Fattore di sicurezza (minore tra i rapporti VRd,max/VEd,i, VRd,cf/VEd,f e VRd,cs/VEd,f)

OP	P	c1 [mm]	c2 [mm]	d [mm]	u0 [mm]	u1 [mm]	ρy [%]	ρz [%]	dpc [mm]	duc [mm]	nsc	nc
Piastra n° 1	17,18; 15,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,16; 15,26	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,14; 15,39	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,11; 15,52	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,08; 15,65	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,03; 15,77	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,98; 15,89	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,93; 16,01	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,86; 16,13	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,79; 16,24	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,71; 16,34	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,63; 16,44	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,54; 16,54	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,44; 16,63	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,34; 16,71	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,24; 16,79	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,13; 16,86	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,01; 16,93	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,89; 16,98	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,77; 17,03	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,65; 17,08	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,52; 17,11	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,39; 17,14	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,26; 17,16	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,13; 17,17	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,00; 17,18	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,87; 17,17	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,74; 17,16	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,61; 17,14	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,48; 17,11	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,35; 17,08	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,23; 17,03	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,11; 16,98	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,99; 16,93	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,87; 16,86	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,76; 16,79	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,66; 16,71	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0

OP	P	c1 [mm]	c2 [mm]	d [mm]	u0 [mm]	u1 [mm]	ρy [%]	ρz [%]	dpc [mm]	duc [mm]	nsc	nc
Piastra n° 1	13,56; 16,63	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,46; 16,54	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,37; 16,44	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,29; 16,34	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,21; 16,24	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,14; 16,13	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,07; 16,01	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,02; 15,89	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,97; 15,77	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,92; 15,65	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,89; 15,52	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,86; 15,39	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,84; 15,26	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,83; 15,13	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,82; 15,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,83; 14,87	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,84; 14,74	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,86; 14,61	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,89; 14,48	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,92; 14,35	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,97; 14,23	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,02; 14,11	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,07; 13,99	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,14; 13,87	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,21; 13,76	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,29; 13,66	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,37; 13,56	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,46; 13,46	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,56; 13,37	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,66; 13,29	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,76; 13,21	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,87; 13,14	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,99; 13,07	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,11; 13,02	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,23; 12,97	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,35; 12,92	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,48; 12,89	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,61; 12,86	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,74; 12,84	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,87; 12,83	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,00; 12,82	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,13; 12,83	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,26; 12,84	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,39; 12,86	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,52; 12,89	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,65; 12,92	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,77; 12,97	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,89; 13,02	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,01; 13,07	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,13; 13,14	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,24; 13,21	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,34; 13,29	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,44; 13,37	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,54; 13,46	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,63; 13,56	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,71; 13,66	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,79; 13,76	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,86; 13,87	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,93; 13,99	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,98; 14,11	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,03; 14,23	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,08; 14,35	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,11; 14,48	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,14; 14,61	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,16; 14,74	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0

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	1,885	5,291	0,051	0,295	0,000	2.807
Piastra n° 1	17,16; 15,26	1,896	5,291	0,051	0,295	0,000	2.791
Piastra n° 1	17,14; 15,39	1,909	5,291	0,051	0,295	0,000	2.771
Piastra n° 1	17,11; 15,52	1,928	5,291	0,052	0,295	0,000	2.744
Piastra n° 1	17,08; 15,65	1,952	5,291	0,052	0,295	0,000	2.711
Piastra n° 1	17,03; 15,77	1,981	5,291	0,053	0,295	0,000	2.671
Piastra n° 1	16,98; 15,89	2,015	5,291	0,054	0,295	0,000	2.626
Piastra n° 1	16,93; 16,01	2,054	5,291	0,055	0,295	0,000	2.576
Piastra n° 1	16,86; 16,13	2,098	5,291	0,056	0,295	0,000	2.522
Piastra n° 1	16,79; 16,24	2,146	5,291	0,058	0,295	0,000	2.465
Piastra n° 1	16,71; 16,34	2,199	5,291	0,059	0,295	0,000	2.406
Piastra n° 1	16,63; 16,44	2,256	5,291	0,061	0,295	0,000	2.345
Piastra n° 1	16,54; 16,54	2,317	5,291	0,062	0,295	0,000	2.283
Piastra n° 1	16,44; 16,63	2,382	5,291	0,064	0,295	0,000	2.221
Piastra n° 1	16,34; 16,71	2,451	5,291	0,066	0,295	0,000	2.159
Piastra n° 1	16,24; 16,79	2,523	5,291	0,068	0,295	0,000	2.097
Piastra n° 1	16,13; 16,86	2,598	5,291	0,070	0,295	0,000	2.037
Piastra n° 1	16,01; 16,93	2,675	5,291	0,072	0,295	0,000	1.978

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	15,89; 16,98	2,755	5,291	0,074	0,295	0,000	1.920
Piastra n° 1	15,77; 17,03	2,838	5,291	0,076	0,295	0,000	1.865
Piastra n° 1	15,65; 17,08	2,922	5,291	0,079	0,295	0,000	1.811
Piastra n° 1	15,52; 17,11	3,008	5,291	0,081	0,295	0,000	1.759
Piastra n° 1	15,39; 17,14	3,095	5,291	0,083	0,295	0,000	1.710
Piastra n° 1	15,26; 17,16	3,183	5,291	0,086	0,295	0,000	1.662
Piastra n° 1	15,13; 17,17	3,272	5,291	0,088	0,295	0,000	1.617
Piastra n° 1	15,00; 17,18	3,361	5,291	0,090	0,295	0,000	1.574
Piastra n° 1	14,87; 17,17	3,450	5,291	0,093	0,295	0,000	1.534
Piastra n° 1	14,74; 17,16	3,539	5,291	0,095	0,295	0,000	1.495
Piastra n° 1	14,61; 17,14	3,627	5,291	0,097	0,295	0,000	1.459
Piastra n° 1	14,48; 17,11	3,714	5,291	0,100	0,295	0,000	1.425
Piastra n° 1	14,35; 17,08	3,800	5,291	0,102	0,295	0,000	1.392
Piastra n° 1	14,23; 17,03	3,884	5,291	0,104	0,295	0,000	1.362
Piastra n° 1	14,11; 16,98	3,967	5,291	0,107	0,295	0,000	1.334
Piastra n° 1	13,99; 16,93	4,047	5,291	0,109	0,295	0,000	1.307
Piastra n° 1	13,87; 16,86	4,125	5,291	0,111	0,295	0,000	1.283
Piastra n° 1	13,76; 16,79	4,199	5,291	0,113	0,295	0,000	1.260
Piastra n° 1	13,66; 16,71	4,271	5,291	0,115	0,295	0,000	1.239
Piastra n° 1	13,56; 16,63	4,340	5,291	0,117	0,295	0,000	1.219
Piastra n° 1	13,46; 16,54	4,405	5,291	0,118	0,295	0,000	1.201
Piastra n° 1	13,37; 16,44	4,466	5,291	0,120	0,295	0,000	1.185
Piastra n° 1	13,29; 16,34	4,523	5,291	0,122	0,295	0,000	1.170
Piastra n° 1	13,21; 16,24	4,576	5,291	0,123	0,295	0,000	1.156
Piastra n° 1	13,14; 16,13	4,624	5,291	0,124	0,295	0,000	1.144
Piastra n° 1	13,07; 16,01	4,668	5,291	0,125	0,295	0,000	1.134
Piastra n° 1	13,02; 15,89	4,707	5,291	0,126	0,295	0,000	1.124
Piastra n° 1	12,97; 15,77	4,741	5,291	0,127	0,295	0,000	1.116
Piastra n° 1	12,92; 15,65	4,770	5,291	0,128	0,295	0,000	1.109
Piastra n° 1	12,89; 15,52	4,794	5,291	0,129	0,295	0,000	1.104
Piastra n° 1	12,86; 15,39	4,813	5,291	0,129	0,295	0,000	1.099
Piastra n° 1	12,84; 15,26	4,826	5,291	0,130	0,295	0,000	1.096
Piastra n° 1	12,83; 15,13	4,834	5,291	0,130	0,295	0,000	1.095
Piastra n° 1	12,82; 15,00	4,837	5,291	0,130	0,295	0,000	1.094
Piastra n° 1	12,83; 14,87	4,834	5,291	0,130	0,295	0,000	1.095
Piastra n° 1	12,84; 14,74	4,826	5,291	0,130	0,295	0,000	1.096
Piastra n° 1	12,86; 14,61	4,813	5,291	0,129	0,295	0,000	1.099
Piastra n° 1	12,89; 14,48	4,794	5,291	0,129	0,295	0,000	1.104
Piastra n° 1	12,92; 14,35	4,770	5,291	0,128	0,295	0,000	1.109
Piastra n° 1	12,97; 14,23	4,741	5,291	0,127	0,295	0,000	1.116
Piastra n° 1	13,02; 14,11	4,707	5,291	0,126	0,295	0,000	1.124
Piastra n° 1	13,07; 13,99	4,668	5,291	0,125	0,295	0,000	1.134
Piastra n° 1	13,14; 13,87	4,624	5,291	0,124	0,295	0,000	1.144
Piastra n° 1	13,21; 13,76	4,576	5,291	0,123	0,295	0,000	1.156
Piastra n° 1	13,29; 13,66	4,523	5,291	0,122	0,295	0,000	1.170
Piastra n° 1	13,37; 13,56	4,466	5,291	0,120	0,295	0,000	1.185
Piastra n° 1	13,46; 13,46	4,405	5,291	0,118	0,295	0,000	1.201
Piastra n° 1	13,56; 13,37	4,340	5,291	0,117	0,295	0,000	1.219
Piastra n° 1	13,66; 13,29	4,271	5,291	0,115	0,295	0,000	1.239
Piastra n° 1	13,76; 13,21	4,199	5,291	0,113	0,295	0,000	1.260
Piastra n° 1	13,87; 13,14	4,125	5,291	0,111	0,295	0,000	1.283
Piastra n° 1	13,99; 13,07	4,047	5,291	0,109	0,295	0,000	1.307
Piastra n° 1	14,11; 13,02	3,967	5,291	0,107	0,295	0,000	1.334
Piastra n° 1	14,23; 12,97	3,884	5,291	0,104	0,295	0,000	1.362
Piastra n° 1	14,35; 12,92	3,800	5,291	0,102	0,295	0,000	1.392
Piastra n° 1	14,48; 12,89	3,714	5,291	0,100	0,295	0,000	1.425
Piastra n° 1	14,61; 12,86	3,627	5,291	0,097	0,295	0,000	1.459
Piastra n° 1	14,74; 12,84	3,539	5,291	0,095	0,295	0,000	1.495
Piastra n° 1	14,87; 12,83	3,450	5,291	0,093	0,295	0,000	1.534
Piastra n° 1	15,00; 12,82	3,361	5,291	0,090	0,295	0,000	1.574
Piastra n° 1	15,13; 12,83	3,272	5,291	0,088	0,295	0,000	1.617
Piastra n° 1	15,26; 12,84	3,183	5,291	0,086	0,295	0,000	1.662
Piastra n° 1	15,39; 12,86	3,095	5,291	0,083	0,295	0,000	1.710
Piastra n° 1	15,52; 12,89	3,008	5,291	0,081	0,295	0,000	1.759
Piastra n° 1	15,65; 12,92	2,922	5,291	0,079	0,295	0,000	1.811
Piastra n° 1	15,77; 12,97	2,838	5,291	0,076	0,295	0,000	1.865
Piastra n° 1	15,89; 13,02	2,755	5,291	0,074	0,295	0,000	1.920
Piastra n° 1	16,01; 13,07	2,675	5,291	0,072	0,295	0,000	1.978
Piastra n° 1	16,13; 13,14	2,598	5,291	0,070	0,295	0,000	2.037
Piastra n° 1	16,24; 13,21	2,523	5,291	0,068	0,295	0,000	2.097
Piastra n° 1	16,34; 13,29	2,451	5,291	0,066	0,295	0,000	2.159
Piastra n° 1	16,44; 13,37	2,382	5,291	0,064	0,295	0,000	2.221
Piastra n° 1	16,54; 13,46	2,317	5,291	0,062	0,295	0,000	2.283
Piastra n° 1	16,63; 13,56	2,256	5,291	0,061	0,295	0,000	2.345
Piastra n° 1	16,71; 13,66	2,199	5,291	0,059	0,295	0,000	2.406
Piastra n° 1	16,79; 13,76	2,146	5,291	0,058	0,295	0,000	2.465
Piastra n° 1	16,86; 13,87	2,098	5,291	0,056	0,295	0,000	2.522
Piastra n° 1	16,93; 13,99	2,054	5,291	0,055	0,295	0,000	2.576
Piastra n° 1	16,98; 14,11	2,015	5,291	0,054	0,295	0,000	2.626
Piastra n° 1	17,03; 14,23	1,981	5,291	0,053	0,295	0,000	2.671
Piastra n° 1	17,08; 14,35	1,952	5,291	0,052	0,295	0,000	2.711
Piastra n° 1	17,11; 14,48	1,928	5,291	0,052	0,295	0,000	2.744
Piastra n° 1	17,14; 14,61	1,909	5,291	0,051	0,295	0,000	2.771
Piastra n° 1	17,16; 14,74	1,896	5,291	0,051	0,295	0,000	2.791

7.3 VERIFICA EQUILIBRIO DI CORPO RIGIDO

Per lo Stato Limite Ultimo di Equilibrio come corpo rigido della fondazione superficiale 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_{Q1}	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 struttura in elevazione: 7034 kN

Peso proprio fondazione: 16991,32 kN

Peso terreno rinterro: 12701 kN

$M_{RIB}=1,5 (154600+1430 \cdot 3,55)=239514,75$ kNm (momento ribaltante)

$M_{STAB}=0,9 (7034+16991,32+12702) \cdot 24,00/2=396655$ kNm (momento stabilizzante)

$FS= M_{STAB} / M_{RIB}= 1.65$

7.4 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 .

FONDAZIONI SUPERFICIALI DIRETTE

Verifica tensioni (combinazioni SLE)

Piastra

Simbologia adottata

Is	Identificativo tratto-sezione-direzione (P: direzione principale, S: direzione secondaria)
Afi	Area di armatura lembo inferiore espressa in [mmq]
Afs	Area di armatura lembo superiore espressa in [mmq]
Mp	Momento positivo espresso in [kNm]
Np	Sforzo positivo negativo espresso in [kN]
Mn	Momento negativo espresso in [kNm]
Nn	Sforzo normale negativo espresso in [kN]
σc	Tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σfi	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore espressa in [N/mmq]
σfs	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore espressa in [N/mmq]

Combinazione n° 2

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
1-8-P	21715	10455	20,56	-0,25	0,46	0,46	0,096	1,256	1,288
2-15-P	32170	17693	59,72	0,00	-0,76	0,00	0,174	2,473	2,310
3-23-P	32170	16085	130,09	0,00	-3,37	0,00	0,238	3,857	3,261
3-17-P	32170	22519	105,88	0,00	-3,87	0,00	0,193	3,428	2,606
4-19-P	32170	16085	189,28	0,00	-7,44	0,00	0,345	5,644	4,718
4-22-P	32170	20910	210,80	0,00	-7,94	0,00	0,318	5,858	4,342
5-28-P	32170	16085	383,84	0,00	-13,75	0,00	0,479	8,874	6,667
5-24-P	32170	22519	342,37	0,00	-15,16	0,00	0,374	7,822	5,177
6-24-P	32170	16889	501,78	0,00	-21,47	0,00	0,614	11,617	8,532
6-31-P	32170	24127	618,68	0,00	-22,61	0,00	0,550	12,382	7,655
6-60-P	32170	16889	7,32	-230,46	21,57	21,57	0,257	3,438	8,813
7-31-P	32170	16889	957,68	0,00	-35,57	0,00	0,868	18,094	12,193
7-24-P	32170	26540	670,87	0,00	-27,98	0,00	0,683	15,183	9,409
7-58-P	32170	16085	17,93	-471,24	36,12	36,12	0,404	5,491	15,394
8-36-P	32170	16889	1521,97	0,00	-58,44	0,00	1,070	24,389	15,135
8-34-P	32170	23323	1498,16	0,00	-59,69	0,00	0,945	23,698	13,321
8-55-P	32170	16889	57,05	-789,16	57,90	57,90	0,537	7,404	20,575
9-33-P	32170	16085	2063,88	0,00	-82,79	0,00	1,470	33,186	20,801
9-35-P	32170	24127	2261,27	0,00	-95,88	0,00	1,288	33,764	18,190
9-60-P	32170	16085	0,12	-1230,41	14,16	82,57	0,843	11,593	33,843
10-38-P	32170	16889	3612,01	0,00	-168,12	0,00	2,029	50,641	28,844
10-39-P	32170	17693	3774,79	0,00	-184,10	0,00	1,982	51,194	28,200
10-57-P	32170	16889	0,00	-2232,75	0,00	167,65	1,258	17,528	49,679
11-36-P	32170	16085	4364,91	0,00	-156,76	0,00	2,503	60,719	35,630
11-41-P	32170	30561	6312,56	0,00	-177,30	0,00	1,871	62,481	26,768
11-60-P	32170	16085	0,00	-2867,14	0,00	156,59	1,613	22,384	68,508
12-36-P	32170	16085	5149,60	0,00	-104,32	0,00	2,987	70,612	42,546
12-40-P	32170	32170	7783,73	0,00	-64,50	0,00	2,309	74,811	33,067
12-60-P	32170	16085	0,00	-3446,68	0,00	104,24	1,909	26,426	84,728
13-36-P	32170	16085	5120,71	0,00	1,12	0,00	3,013	68,894	42,962
13-40-P	32170	32170	7783,32	0,00	16,67	0,00	2,332	73,719	33,423
13-60-P	32170	16085	0,00	-3437,49	0,00	-1,01	1,866	25,732	87,488
14-36-P	32170	16085	4362,21	0,00	61,02	0,00	2,591	97,938	36,968
14-41-P	32170	30561	6316,41	0,00	105,32	0,00	1,954	58,743	28,047
14-60-P	32170	16085	0,00	-2870,44	0,00	-60,96	1,535	21,120	74,777
15-38-P	32170	16889	3606,29	0,00	93,28	0,00	2,131	47,256	30,417
15-39-P	32170	17693	3768,21	0,00	106,22	0,00	2,092	47,419	29,890
15-57-P	32170	16889	0,00	-2231,35	0,00	-93,03	1,163	15,989	56,676
16-33-P	32170	16085	2063,38	0,00	42,87	0,00	1,526	31,597	21,668
16-35-P	32170	24127	2260,91	0,00	53,85	0,00	1,347	31,797	19,102
16-60-P	32170	16085	0,14	-1233,49	-7,68	-42,68	0,795	10,815	37,508
17-36-P	32170	16889	1521,83	0,00	37,49	0,00	1,113	23,175	15,792
17-34-P	32170	23323	1497,76	0,00	36,82	0,00	0,985	22,432	13,935
17-55-P	32170	16889	57,36	-790,06	-37,02	-37,02	0,500	6,806	23,172
18-31-P	32170	16889	957,51	0,00	23,65	0,00	0,898	17,342	12,647
18-24-P	32170	26540	671,07	0,00	16,28	0,00	0,705	14,595	9,752
18-58-P	32170	16085	17,94	-471,78	-23,52	-23,52	0,379	5,077	17,124
19-24-P	32170	16889	501,87	0,00	15,26	0,00	0,635	11,153	8,858
19-31-P	32170	24127	618,60	0,00	17,53	0,00	0,569	11,852	7,949
19-60-P	32170	16889	7,31	-230,59	-15,30	-15,30	0,240	3,156	9,829
20-28-P	32170	16085	383,95	0,00	12,12	0,00	0,495	8,550	6,900
20-23-P	32170	24932	331,16	0,00	13,10	0,00	0,360	7,160	4,997
21-19-P	32170	16085	189,37	0,00	8,56	0,00	0,356	5,443	4,888
21-22-P	32170	20910	210,83	0,00	8,79	0,00	0,328	5,640	4,498
22-23-P	32170	16085	130,11	0,00	5,11	0,00	0,244	3,749	3,350
22-17-P	32170	22519	105,90	0,00	6,53	0,00	0,200	3,290	2,708
23-15-P	32170	17693	59,74	0,00	3,56	0,00	0,177	2,417	2,363
24-8-P	21715	10455	20,57	-0,25	1,79	1,79	0,098	1,231	1,314
25-19-S	12315	12315	41,53	0,00	9,25	0,00	0,180	4,037	2,308
25-20-S	12315	12315	41,55	0,00	9,11	0,00	0,180	4,044	2,307
25-9-S	9236	9236	27,38	-0,02	6,85	1,34	0,162	3,514	2,083
26-27-S	12315	12315	90,84	0,00	10,26	0,00	0,310	7,818	4,019

Is	Afi	Afs	Mp	Np	Mn	Nn	oc	ofi	ofs
	[mmq]	[mmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
26-23-S	12315	14778	88,48	0,00	11,31	0,00	0,282	7,508	3,633
27-32-S	12315	12315	181,10	0,00	11,84	0,00	0,465	13,009	6,130
27-29-S	12315	12315	176,42	0,00	13,37	0,00	0,454	12,608	5,994
28-36-S	12315	12315	364,26	0,00	14,66	0,00	0,643	20,339	8,663
28-23-S	12315	17241	211,21	0,00	19,17	0,00	0,411	13,146	5,442
28-27-S	12315	16010	275,15	0,00	20,34	0,00	0,478	15,622	6,398
29-38-S	12315	13547	606,73	0,00	16,73	0,00	0,913	31,136	12,352
29-40-S	12315	13547	607,14	0,00	14,18	0,00	0,912	31,249	12,336
30-41-S	12315	12315	896,20	0,00	19,85	0,00	1,171	41,080	16,000
30-42-S	12315	12315	895,18	0,00	17,00	0,00	1,168	41,133	15,956
31-43-S	12315	13547	1332,20	0,00	23,33	0,00	1,324	51,376	18,247
31-33-S	12315	16625	859,38	0,00	43,03	0,00	0,934	35,375	12,776
32-44-S	12315	14778	1919,27	0,00	26,79	0,00	1,701	69,618	23,498
32-47-S	12315	14778	1927,20	0,00	4,20	0,00	1,698	70,720	23,426
33-47-S	12315	12315	2788,70	0,00	3,89	0,00	2,285	94,583	31,761
33-48-S	12315	12315	2786,96	0,00	-15,29	0,00	2,275	95,206	31,603
34-48-S	12315	16010	4700,89	0,00	-11,06	0,00	2,269	115,666	31,896
34-49-S	12315	16625	4624,75	0,00	-42,94	0,00	2,240	116,332	31,429
35-44-S	12315	12315	4028,23	0,00	71,80	0,00	2,098	96,896	29,636
35-53-S	12315	12315	3959,38	0,00	-79,60	0,00	2,010	100,603	28,281
36-42-S	12315	12315	2133,71	0,00	12,13	0,00	1,103	52,245	15,556
36-39-S	12315	24630	1837,04	-27,60	77,10	4,92	0,800	41,664	11,240
37-60-S	12315	12315	1189,52	-528,37	48,67	48,67	0,995	38,686	16,243
37-33-S	12315	24630	842,05	-316,44	-27,55	-27,55	0,537	29,036	7,336
38-52-S	12315	12315	0,00	-1687,57	0,00	55,82	0,887	12,552	39,684
38-36-S	12315	12315	567,46	-370,88	-115,74	-115,74	0,404	23,501	16,877
38-41-S	12315	19704	0,00	-1175,59	0,00	-151,59	0,465	6,568	21,816
39-48-S	12315	16010	0,00	-2623,49	0,00	11,99	1,247	17,726	50,004
39-23-S	12315	17241	282,12	-81,82	-24,14	-24,14	0,314	13,892	4,209
39-38-S	12315	12315	0,00	-476,25	0,00	-139,94	0,312	4,165	21,340
40-47-S	12315	12315	0,00	-1554,91	0,00	-3,80	1,272	17,666	52,949
40-17-S	12315	19088	155,19	-22,76	-15,47	-15,47	0,220	9,327	2,892
40-35-S	12315	18473	0,00	-334,79	0,00	-83,20	0,232	3,193	10,360
41-47-S	12315	14778	0,00	-1066,38	0,00	-4,20	0,935	13,021	33,228
41-18-S	12315	17857	121,09	-11,98	-19,20	-19,20	0,172	7,557	2,253
41-32-S	12315	21551	0,00	-233,20	0,00	-56,09	0,172	2,378	6,483
42-43-S	12315	13547	0,00	-698,09	0,00	-22,99	0,676	9,326	25,777
42-12-S	12315	17241	73,00	-1,61	-11,27	-11,27	0,153	5,767	1,958
42-29-S	12315	13547	0,00	-143,14	0,00	-38,51	0,156	2,087	7,357
43-41-S	12315	12315	0,00	-454,46	0,00	-19,76	0,577	7,841	21,892
43-14-S	12315	12315	60,43	-0,16	-13,93	-13,93	0,141	4,986	1,819
43-28-S	12315	19088	0,00	-129,09	0,00	-31,38	0,147	1,997	4,983
44-40-S	12315	13547	0,00	-280,99	0,00	-14,46	0,411	5,570	13,921
44-8-S	12315	13547	36,65	-0,23	-7,38	-7,38	0,139	4,112	1,723
44-25-S	12315	14162	0,00	-74,14	0,00	-24,71	0,107	1,404	4,489
45-36-S	12315	12315	0,00	-146,93	0,00	-14,86	0,246	3,275	8,946
45-37-S	12315	12931	0,00	-147,99	0,00	-13,69	0,245	3,278	8,551
45-31-S	12315	14162	0,00	-122,88	0,00	-19,92	0,193	2,577	6,770
46-30-S	12315	12315	0,00	-59,69	0,00	-13,02	0,140	1,807	4,898
46-20-S	12315	15394	1,12	-28,32	-6,07	-15,46	0,055	0,814	2,144
47-27-S	12315	12315	0,00	-22,25	-5,40	-10,28	0,065	0,799	2,382
47-8-S	12315	12315	7,63	-4,06	-8,96	-8,96	0,022	1,141	0,775
47-20-S	12315	14778	1,74	-14,86	-11,79	-11,79	0,036	0,629	1,485
48-21-S	12315	12315	0,06	-7,33	-8,84	-8,84	0,021	0,365	1,105

Combinazione n° 3

Is	Afi	Afs	Mp	Np	Mn	Nn	oc	ofi	ofs
	[mmq]	[mmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1-8-P	21715	10455	21,87	-0,42	0,52	0,52	0,103	1,336	1,371
2-15-P	32170	17693	63,91	-0,03	-0,85	0,06	0,186	2,647	2,471
3-23-P	32170	16085	139,14	0,00	-3,79	0,00	0,255	4,127	3,486
3-17-P	32170	22519	114,36	0,00	-4,35	0,00	0,209	3,705	2,813
4-19-P	32170	16085	205,91	0,00	-8,36	0,00	0,375	6,143	5,130
4-22-P	32170	20910	228,57	0,00	-8,93	0,00	0,344	6,356	4,705
5-28-P	32170	16085	417,21	0,00	-15,47	0,00	0,521	9,652	7,242
5-24-P	32170	22519	373,60	0,00	-17,05	0,00	0,408	8,542	5,644
5-50-P	32170	16085	47,93	-181,83	15,39	15,39	0,204	2,718	7,336
6-24-P	32170	16889	550,87	0,00	-24,15	0,00	0,674	12,762	9,362
6-31-P	32170	24127	675,31	0,00	-25,43	0,00	0,600	13,526	8,349
6-60-P	32170	16889	7,86	-288,48	24,27	24,27	0,320	4,283	11,106
7-31-P	32170	16889	1052,06	0,00	-40,02	0,00	0,953	19,889	13,387
7-24-P	32170	26540	739,15	0,00	-31,48	0,00	0,752	16,737	10,362
7-58-P	32170	16085	18,22	-572,48	40,64	40,64	0,490	6,649	18,793
8-36-P	32170	16889	1673,12	0,00	-65,75	0,00	1,175	26,830	16,628
8-34-P	32170	23323	1650,19	0,00	-67,15	0,00	1,040	26,122	14,664
8-55-P	32170	16889	58,66	-940,86	65,14	65,14	0,638	8,803	24,634
9-33-P	32170	16085	2283,01	0,00	-93,14	0,00	1,625	36,729	22,999
9-35-P	32170	24127	2499,94	0,00	-107,86	0,00	1,423	37,352	20,098
9-60-P	32170	16085	0,00	-1460,72	0,00	92,90	0,999	13,731	40,322
10-38-P	32170	16889	3999,18	0,00	-189,13	0,00	2,245	56,107	31,917
10-39-P	32170	17693	4175,49	0,00	-207,12	0,00	2,191	56,674	31,172
10-57-P	32170	16889	0,00	-2611,62	0,00	188,61	1,469	20,461	58,308
11-36-P	32170	16085	4840,61	0,00	-176,36	0,00	2,775	67,368	39,497
11-41-P	32170	30561	6984,70	0,00	-199,47	0,00	2,069	69,178	29,603
11-60-P	32170	16085	0,00	-3346,81	0,00	176,17	1,881	26,091	80,156
12-36-P	32170	16085	5712,91	0,00	-117,36	0,00	3,313	78,356	47,190
12-40-P	32170	32170	8632,84	0,00	-72,56	0,00	2,560	82,986	36,669

Is	Afi	Afs	Mp	Np	Mn	Nn	oc	ofi	ofs
	[mmq]	[mmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
12-60-P	32170	16085	0,00	-4015,11	0,00	117,27	2,223	30,760	98,819
13-36-P	32170	16085	5680,88	0,00	1,26	0,00	3,342	76,431	47,662
13-40-P	32170	32170	8633,13	0,00	18,76	0,00	2,586	81,765	37,073
13-60-P	32170	16085	0,00	-4004,54	0,00	-1,13	2,174	29,977	101,919
14-36-P	32170	16085	4837,80	0,00	68,65	0,00	2,874	64,242	41,005
14-41-P	32170	30561	6989,29	0,00	118,48	0,00	2,162	64,975	31,044
14-60-P	32170	16085	0,00	-3350,96	0,00	-68,58	1,793	24,671	87,221
15-38-P	32170	16889	3993,01	0,00	104,94	0,00	2,360	52,303	33,689
15-39-P	32170	17693	4168,30	0,00	119,50	0,00	2,315	52,428	33,076
15-57-P	32170	16889	0,00	-2610,25	0,00	-104,66	1,362	18,730	66,186
16-33-P	32170	16085	2282,49	0,00	48,23	0,00	1,689	34,942	23,974
16-35-P	32170	24127	2499,59	0,00	60,58	0,00	1,490	35,140	21,125
16-60-P	32170	16085	0,00	-1464,46	0,00	-48,01	0,945	12,858	44,454
17-36-P	32170	16889	1673,01	0,00	42,18	0,00	1,224	25,465	17,367
17-34-P	32170	23323	1649,78	0,00	41,43	0,00	1,085	24,698	15,355
17-55-P	32170	16889	58,99	-941,99	-41,65	-41,65	0,597	8,131	27,560
18-31-P	32170	16889	1051,89	0,00	26,61	0,00	0,987	19,044	13,898
18-24-P	32170	26540	739,38	0,00	18,32	0,00	0,777	16,075	10,747
18-58-P	32170	16085	18,23	-573,10	-26,46	-26,46	0,461	6,183	20,740
19-24-P	32170	16889	550,98	0,00	17,17	0,00	0,698	12,240	9,728
19-31-P	32170	24127	675,24	0,00	19,72	0,00	0,621	12,930	8,681
19-60-P	32170	16889	7,84	-288,59	-17,21	-17,21	0,301	3,965	12,247
20-28-P	32170	16085	417,34	0,00	13,64	0,00	0,538	9,288	7,504
20-23-P	32170	24932	361,60	0,00	14,73	0,00	0,394	7,812	5,459
20-50-P	32170	16085	48,00	-182,23	-13,60	-13,60	0,191	2,498	8,191
21-19-P	32170	16085	206,00	0,00	9,63	0,00	0,387	5,917	5,320
21-22-P	32170	20910	228,60	0,00	9,89	0,00	0,356	6,110	4,880
22-23-P	32170	16085	139,16	0,00	5,75	0,00	0,261	4,007	3,586
22-17-P	32170	22519	114,39	0,00	7,35	0,00	0,216	3,550	2,928
23-15-P	32170	17693	63,93	-0,03	4,01	0,70	0,190	2,584	2,531
24-8-P	21715	10455	21,88	-0,42	2,02	2,02	0,105	1,308	1,400
25-19-S	12315	12315	44,61	0,00	10,41	0,00	0,194	4,320	2,485
25-20-S	12315	12315	44,63	0,00	10,24	0,00	0,194	4,328	2,484
25-13-S	11084	11084	38,66	0,00	9,66	1,90	0,189	4,135	2,420
26-27-S	12315	12315	97,91	0,00	11,54	0,00	0,335	8,409	4,338
26-23-S	12315	14778	95,29	0,00	12,73	0,00	0,304	8,067	3,920
27-32-S	12315	12315	195,84	0,00	13,32	0,00	0,503	14,049	6,635
27-29-S	12315	12315	190,72	0,00	15,04	0,00	0,491	13,610	6,487
28-36-S	12315	12315	395,48	0,00	16,50	0,00	0,698	22,062	9,412
28-27-S	12315	16010	297,74	0,00	22,88	0,00	0,518	16,873	6,932
29-38-S	12315	13547	660,29	0,00	18,83	0,00	0,994	33,863	13,449
29-40-S	12315	13547	660,95	0,00	15,95	0,00	0,993	34,000	13,435
30-41-S	12315	12315	976,49	0,00	22,33	0,00	1,276	44,736	17,439
30-42-S	12315	12315	975,25	0,00	19,13	0,00	1,273	44,791	17,389
31-43-S	12315	13547	1452,87	0,00	26,25	0,00	1,444	56,001	19,906
31-33-S	12315	16625	930,94	0,00	48,40	0,00	1,012	38,257	13,854
32-44-S	12315	14778	2096,13	0,00	30,14	0,00	1,858	76,002	25,670
32-47-S	12315	14778	2104,74	0,00	4,73	0,00	1,854	77,230	25,585
33-47-S	12315	12315	3042,42	0,00	4,38	0,00	2,493	103,184	34,652
33-48-S	12315	12315	3039,77	0,00	-17,20	0,00	2,482	103,861	34,466
34-48-S	12315	16010	5120,93	0,00	-12,44	0,00	2,472	126,015	34,744
34-49-S	12315	16625	5036,29	0,00	-48,30	0,00	2,439	126,740	34,217
35-44-S	12315	12315	4339,47	0,00	80,78	0,00	2,261	104,261	31,945
35-53-S	12315	12315	4264,78	0,00	-89,55	0,00	2,164	108,500	30,440
36-42-S	12315	12315	2201,17	0,00	13,65	0,00	1,138	53,857	16,055
36-56-S	12315	16625	2165,74	-19,56	-36,07	0,03	1,024	54,361	14,361
37-60-S	12315	12315	1255,88	-658,68	54,76	54,76	1,052	40,726	20,453
37-33-S	12315	24630	887,10	-405,73	-31,00	-31,00	0,565	30,663	7,714
38-52-S	12315	12315	0,00	-2126,79	0,00	62,80	1,116	15,779	50,278
38-36-S	12315	12315	542,50	-460,24	-130,21	-130,21	0,374	23,202	20,432
38-35-S	12315	16010	534,55	-421,69	-106,54	-106,54	0,353	21,961	14,084
39-48-S	12315	16010	0,00	-3174,03	0,00	13,49	1,509	21,440	60,524
39-23-S	12315	17241	293,63	-104,49	-27,15	-27,15	0,325	14,534	4,362
39-37-S	12315	14778	0,00	-562,08	0,00	-140,49	0,363	4,938	20,264
40-47-S	12315	12315	0,00	-1896,49	0,00	-4,27	1,551	21,550	64,568
40-17-S	12315	19088	164,63	-29,56	-17,40	-17,40	0,233	9,931	3,058
40-33-S	12315	12315	0,00	-288,82	0,00	-77,74	0,247	3,297	14,199
41-47-S	12315	14778	0,00	-1314,25	0,00	-4,72	1,153	16,051	40,939
41-11-S	12315	19088	90,85	-5,84	-10,15	-10,15	0,185	7,012	2,360
41-31-S	12315	22167	0,00	-261,44	0,00	-60,24	0,203	2,811	7,207
42-43-S	12315	13547	0,00	-880,48	0,00	-25,87	0,854	11,788	32,411
42-13-S	12315	12315	80,86	-2,63	-13,68	-13,68	0,193	6,490	2,500
42-28-S	12315	16010	0,00	-180,27	0,00	-42,23	0,192	2,595	7,691
43-41-S	12315	12315	0,00	-588,51	0,00	-22,23	0,749	10,186	28,229
43-8-S	12315	16010	52,13	-0,06	-8,30	-8,30	0,166	5,319	2,060
43-26-S	12315	16625	0,00	-135,19	0,00	-32,97	0,170	2,295	6,186
44-40-S	12315	13547	0,00	-376,24	0,00	-16,27	0,553	7,489	18,540
44-8-S	12315	13547	39,59	-0,36	-8,30	-8,30	0,150	4,454	1,856
44-24-S	12315	16010	0,00	-99,75	0,00	-27,21	0,143	1,913	5,186
45-36-S	12315	12315	0,00	-206,88	0,00	-16,72	0,349	4,657	12,444
45-37-S	12315	12931	0,00	-208,46	0,00	-15,40	0,348	4,660	11,913
45-31-S	12315	14162	0,00	-177,57	0,00	-22,41	0,283	3,794	9,583
46-30-S	12315	12315	0,00	-93,07	0,00	-14,65	0,223	2,892	7,430
46-18-S	12315	16625	1,58	-27,05	-5,83	-16,49	0,055	0,891	2,040
47-27-S	12315	12315	0,00	-38,65	-2,04	-11,56	0,118	1,485	3,903
47-4-S	7389	7389	5,25	-2,41	-5,25	-5,25	0,027	1,249	0,762
47-20-S	12315	14778	0,68	-26,60	-6,85	-13,26	0,073	0,912	2,412
48-20-S	12315	12315	0,01	-14,03	-10,21	-10,21	0,048	0,567	1,855

Combinazione n° 4

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	oc [N/mmqa]	ofi [N/mmqa]	ofs [N/mmqa]
1-8-P	21715	10455	23,20	-0,66	0,57	0,57	0,109	1,417	1,454
2-15-P	32170	17693	68,55	-0,47	-0,95	-0,95	0,200	2,840	2,650
3-24-P	32170	16085	149,54	-3,60	-3,89	-3,89	0,274	4,433	3,748
3-17-P	32170	22519	123,37	0,00	-4,83	0,00	0,225	3,999	3,033
4-19-P	32170	16085	223,53	0,00	-9,29	0,00	0,407	6,672	5,567
4-22-P	32170	20910	247,67	0,00	-9,93	0,00	0,373	6,891	5,096
5-28-P	32170	16085	453,18	0,00	-17,19	0,00	0,565	10,489	7,863
5-24-P	32170	22519	406,95	0,00	-18,95	0,00	0,444	9,310	6,145
5-50-P	32170	16085	53,63	-223,07	17,10	17,10	0,249	3,321	9,051
6-24-P	32170	16889	603,04	0,00	-26,83	0,00	0,737	13,975	10,245
6-31-P	32170	24127	735,88	0,00	-28,26	0,00	0,653	14,746	9,094
6-60-P	32170	16889	8,44	-354,67	26,97	26,97	0,392	5,244	13,732
7-31-P	32170	16889	1152,16	0,00	-44,46	0,00	1,044	21,790	14,656
7-24-P	32170	26540	811,36	0,00	-34,97	0,00	0,825	18,378	11,371
7-58-P	32170	16085	17,73	-680,43	45,16	45,16	0,581	7,882	22,426
8-36-P	32170	16889	1833,35	0,00	-73,05	0,00	1,287	29,412	18,213
8-34-P	32170	23323	1810,73	0,00	-74,61	0,00	1,141	28,675	16,084
8-55-P	32170	16889	58,99	-1095,18	72,37	72,37	0,742	10,226	28,767
9-33-P	32170	16085	2513,12	0,00	-103,49	0,00	1,789	40,443	25,310
9-35-P	32170	24127	2750,51	0,00	-119,85	0,00	1,565	41,111	22,105
9-60-P	32170	16085	0,00	-1701,30	0,00	103,22	1,161	15,962	47,104
10-38-P	32170	16889	4403,77	0,00	-210,14	0,00	2,471	61,808	35,134
10-39-P	32170	17693	4594,96	0,00	-230,13	0,00	2,410	62,396	34,290
10-57-P	32170	16889	0,00	-2995,17	0,00	209,57	1,682	23,429	67,050
11-36-P	32170	16085	5336,03	0,00	-195,96	0,00	3,059	74,283	43,529
11-41-P	32170	30561	7680,89	0,00	-221,63	0,00	2,275	76,104	32,543
11-60-P	32170	16085	0,00	-3833,58	0,00	195,74	2,152	29,851	91,984
12-36-P	32170	16085	6298,70	0,00	-130,40	0,00	3,652	86,404	52,022
12-40-P	32170	32170	9507,18	0,00	-80,63	0,00	2,819	91,400	40,380
12-60-P	32170	16085	0,00	-4590,53	0,00	130,30	2,540	35,146	113,088
13-36-P	32170	16085	6263,63	0,00	1,40	0,00	3,685	84,271	52,551
13-40-P	32170	32170	9508,33	0,00	20,84	0,00	2,849	90,051	40,832
13-60-P	32170	16085	0,00	-4578,69	0,00	-1,26	2,485	34,275	116,531
14-36-P	32170	16085	5333,12	0,00	76,28	0,00	3,168	70,812	45,207
14-41-P	32170	30561	7686,21	0,00	131,65	0,00	2,378	71,437	34,145
14-60-P	32170	16085	0,00	-3838,72	0,00	-76,20	2,055	28,277	99,849
15-38-P	32170	16889	4397,11	0,00	116,59	0,00	2,599	57,583	37,105
15-39-P	32170	17693	4587,12	0,00	132,78	0,00	2,548	57,680	36,406
15-57-P	32170	16889	0,00	-2993,87	0,00	-116,29	1,563	21,506	75,810
16-33-P	32170	16085	2512,58	0,00	53,59	0,00	1,859	38,458	26,395
16-35-P	32170	24127	2750,16	0,00	67,32	0,00	1,639	38,654	23,247
16-60-P	32170	16085	0,00	-1705,75	0,00	-53,35	1,102	14,994	51,704
17-36-P	32170	16889	1833,25	0,00	46,87	0,00	1,341	27,896	19,035
17-34-P	32170	23323	1810,31	0,00	46,03	0,00	1,191	27,094	16,853
17-55-P	32170	16889	59,37	-1096,57	-46,27	-46,27	0,696	9,480	32,022
18-31-P	32170	16889	1151,98	0,00	29,57	0,00	1,081	20,850	15,224
18-24-P	32170	26540	811,60	0,00	20,35	0,00	0,853	17,642	11,799
18-58-P	32170	16085	17,74	-681,13	-29,40	-29,40	0,549	7,364	24,590
19-24-P	32170	16889	603,16	0,00	19,07	0,00	0,764	13,395	10,652
19-31-P	32170	24127	735,80	0,00	21,91	0,00	0,677	14,084	9,462
19-60-P	32170	16889	8,41	-354,73	-19,12	-19,12	0,371	4,890	14,998
20-28-P	32170	16085	453,33	0,00	15,15	0,00	0,585	10,085	8,154
20-24-P	32170	22519	406,67	0,00	16,49	0,00	0,463	8,838	6,428
20-50-P	32170	16085	53,69	-223,50	-15,11	-15,11	0,234	3,077	10,001
21-19-P	32170	16085	223,63	0,00	10,70	0,00	0,421	6,420	5,778
21-22-P	32170	20910	247,70	0,00	10,99	0,00	0,385	6,617	5,290
21-53-P	32170	16085	10,62	-99,75	-10,68	-10,68	0,146	1,851	5,839
22-24-P	32170	16085	149,56	-3,62	5,89	5,89	0,281	4,310	3,851
22-17-P	32170	22519	123,40	0,00	8,16	0,00	0,233	3,826	3,161
23-15-P	32170	17693	68,58	-0,47	4,45	4,45	0,204	2,770	2,717
24-8-P	21715	10455	23,21	-0,66	2,24	2,24	0,111	1,386	1,487
25-19-S	12315	12315	47,63	0,00	11,57	0,00	0,208	4,596	2,660
25-20-S	12315	12315	47,65	0,00	11,38	0,00	0,207	4,605	2,658
25-9-S	9236	9236	31,12	-0,02	8,56	1,68	0,185	3,958	2,382
26-27-S	12315	12315	105,00	0,00	12,83	0,00	0,359	9,003	4,658
26-23-S	12315	14778	102,15	0,00	14,14	0,00	0,326	8,630	4,208
27-32-S	12315	12315	210,71	0,00	14,80	0,00	0,541	15,100	7,145
27-13-S	12315	17241	71,44	0,00	15,08	0,00	0,217	5,808	2,794
28-36-S	12315	12315	426,86	0,00	18,33	0,00	0,754	23,794	10,164
28-27-S	12315	16010	320,68	0,00	25,43	0,00	0,559	18,145	7,473
29-38-S	12315	13547	714,33	0,00	20,92	0,00	1,076	36,615	14,554
29-40-S	12315	13547	715,21	0,00	17,72	0,00	1,075	36,775	14,542
30-41-S	12315	12315	1057,28	0,00	24,81	0,00	1,382	48,414	18,887
30-42-S	12315	12315	1055,62	0,00	21,25	0,00	1,378	48,463	18,827
31-43-S	12315	13547	1573,09	0,00	29,17	0,00	1,564	60,608	21,559
31-33-S	12315	16625	1002,64	0,00	53,78	0,00	1,091	41,144	14,934
32-44-S	12315	14778	2271,92	0,00	33,49	0,00	2,015	82,347	27,829
32-47-S	12315	14778	2281,31	0,00	5,26	0,00	2,010	83,704	27,732
33-47-S	12315	12315	3292,43	0,00	4,87	0,00	2,698	111,658	37,500
33-48-S	12315	12315	3288,76	0,00	-19,11	0,00	2,685	112,386	37,285
34-48-S	12315	16010	5530,33	0,00	-13,82	0,00	2,669	136,103	37,519
34-49-S	12315	16625	5437,47	0,00	-53,67	0,00	2,632	136,891	36,934
35-44-S	12315	12315	4635,60	0,00	89,75	0,00	2,417	111,253	34,143
35-53-S	12315	12315	4556,12	0,00	-99,50	0,00	2,310	116,050	32,497
36-41-S	12315	12315	2251,60	-11,73	19,17	0,02	1,166	54,905	16,451
36-56-S	12315	16625	2235,42	-41,35	-40,08	0,03	1,056	56,214	14,806
36-60-S	12315	12315	1319,83	-360,36	-58,64	-37,64	1,054	46,926	16,997
37-60-S	12315	12315	1314,39	-800,55	60,84	60,84	1,102	42,499	25,056

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
37-33-S	12315	24630	926,58	-505,57	-34,44	-34,44	0,590	32,105	9,434
38-52-S	12315	12315	0,00	-2594,07	0,00	69,78	1,359	19,210	61,566
38-30-S	12315	12315	555,12	-338,00	-50,64	-50,64	0,535	23,637	15,116
38-36-S	12315	12315	506,45	-561,16	-144,68	-144,68	0,381	22,536	24,377
39-48-S	12315	16010	0,00	-3752,26	0,00	14,99	1,783	25,341	71,576
39-23-S	12315	17241	301,77	-132,88	-30,17	-30,17	0,333	15,021	5,249
39-36-S	12315	19704	0,00	-616,30	0,00	-141,83	0,370	5,127	16,470
40-47-S	12315	12315	0,00	-2256,94	0,00	-4,75	1,846	25,648	76,828
40-19-S	12315	12315	178,35	-50,75	-23,22	-23,22	0,295	11,046	3,917
40-32-S	12315	12931	0,00	-327,72	0,00	-81,83	0,280	3,765	15,129
41-47-S	12315	14778	0,00	-1577,75	0,00	-5,25	1,384	19,272	49,134
41-41-S	12315	16625	0,00	-1396,04	0,00	-63,21	1,156	16,120	40,347
41-30-S	12315	19704	0,00	-294,75	0,00	-63,04	0,253	3,482	9,260
42-43-S	12315	13547	0,00	-1077,33	0,00	-28,74	1,046	14,447	39,564
42-14-S	12315	12931	86,84	-4,67	-16,42	-16,42	0,202	7,024	2,610
42-26-S	12315	22167	0,00	-173,43	0,00	-44,58	0,166	2,275	5,468
43-41-S	12315	12315	0,00	-735,87	0,00	-24,70	0,939	12,765	35,187
43-8-S	12315	16010	57,07	-0,11	-9,22	-9,22	0,181	5,829	2,254
43-37-S	12315	12315	0,00	-644,81	0,00	-35,22	0,815	11,058	31,319
44-40-S	12315	13547	0,00	-483,72	0,00	-18,08	0,713	9,657	23,744
44-36-S	12315	14778	0,00	-464,50	0,00	-24,70	0,664	9,026	21,188
44-22-S	12315	19704	0,00	-104,91	0,00	-28,94	0,142	1,922	4,464
45-36-S	12315	12315	0,00	-277,54	0,00	-18,58	0,471	6,289	16,556
45-37-S	12315	12931	0,00	-279,74	0,00	-17,11	0,469	6,292	15,865
45-31-S	12315	14162	0,00	-243,04	0,00	-24,90	0,391	5,255	12,937
46-30-S	12315	12315	0,00	-136,05	0,00	-16,28	0,330	4,294	10,674
46-7-S	12315	12315	17,97	-4,03	-9,89	-9,89	0,065	2,255	0,811
46-15-S	12315	17241	0,28	-27,20	-2,53	-16,57	0,061	0,773	2,083
47-27-S	12315	12315	0,00	-62,44	0,00	-12,85	0,196	2,486	6,091
47-20-S	12315	14778	0,00	-45,21	0,00	-14,73	0,131	1,668	3,861
48-20-S	12315	12315	0,00	-23,94	-9,10	-11,35	0,088	1,073	2,936

Verifica fessurazione

Piastra

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	0	0	-21,24	1008,80	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	0	0	-21,24	1008,80	0,0000	0,00	0,000

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° 2

Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	27,00	15,00	0,360
Piastra n° 1	26,94	16,18	0,362
Piastra n° 1	26,77	17,34	0,367
Piastra n° 1	26,48	18,48	0,375
Piastra n° 1	26,09	19,59	0,387
Piastra n° 1	25,58	20,66	0,402
Piastra n° 1	24,98	21,67	0,421
Piastra n° 1	24,28	22,61	0,442
Piastra n° 1	23,49	23,49	0,457
Piastra n° 1	22,61	24,28	0,489
Piastra n° 1	21,67	24,98	0,513
Piastra n° 1	20,66	25,58	0,540
Piastra n° 1	19,59	26,09	0,568
Piastra n° 1	18,48	26,48	0,597
Piastra n° 1	17,34	26,77	0,627
Piastra n° 1	16,18	26,94	0,658
Piastra n° 1	15,00	27,00	0,690
Piastra n° 1	13,82	26,94	0,723
Piastra n° 1	12,66	26,77	0,756
Piastra n° 1	11,52	26,48	0,788
Piastra n° 1	10,41	26,09	0,819
Piastra n° 1	9,34	25,58	0,850
Piastra n° 1	8,33	24,98	0,879
Piastra n° 1	7,39	24,28	0,908
Piastra n° 1	6,51	23,49	0,916
Piastra n° 1	5,72	22,61	0,953
Piastra n° 1	5,02	21,67	0,969
Piastra n° 1	4,42	20,66	0,984
Piastra n° 1	3,91	19,59	0,996
Piastra n° 1	3,52	18,48	1,006
Piastra n° 1	3,23	17,34	1,013
Piastra n° 1	3,06	16,18	1,017
Piastra n° 1	3,00	15,00	1,018
Piastra n° 1	3,06	13,82	1,017
Piastra n° 1	3,23	12,66	1,013
Piastra n° 1	3,52	11,52	1,006
Piastra n° 1	3,91	10,41	0,997
Piastra n° 1	4,42	9,34	0,984
Piastra n° 1	5,02	8,33	0,969
Piastra n° 1	5,72	7,39	0,953
Piastra n° 1	6,51	6,51	0,916
Piastra n° 1	7,39	5,72	0,908
Piastra n° 1	8,33	5,02	0,879
Piastra n° 1	9,34	4,42	0,850
Piastra n° 1	10,41	3,91	0,819
Piastra n° 1	11,52	3,52	0,788
Piastra n° 1	12,66	3,23	0,756
Piastra n° 1	13,82	3,06	0,723
Piastra n° 1	15,00	3,00	0,690
Piastra n° 1	16,18	3,06	0,658
Piastra n° 1	17,34	3,23	0,627
Piastra n° 1	18,48	3,52	0,597
Piastra n° 1	19,59	3,91	0,568
Piastra n° 1	20,66	4,42	0,540
Piastra n° 1	21,67	5,02	0,513
Piastra n° 1	22,61	5,72	0,489
Piastra n° 1	23,49	6,51	0,458
Piastra n° 1	24,28	7,39	0,442
Piastra n° 1	24,98	8,33	0,421
Piastra n° 1	25,58	9,34	0,402
Piastra n° 1	26,09	10,41	0,387
Piastra n° 1	26,48	11,52	0,375
Piastra n° 1	26,77	12,66	0,367
Piastra n° 1	26,94	13,82	0,362
Piastra n° 1	15,00	15,00	1,264

Combinazione n° 3

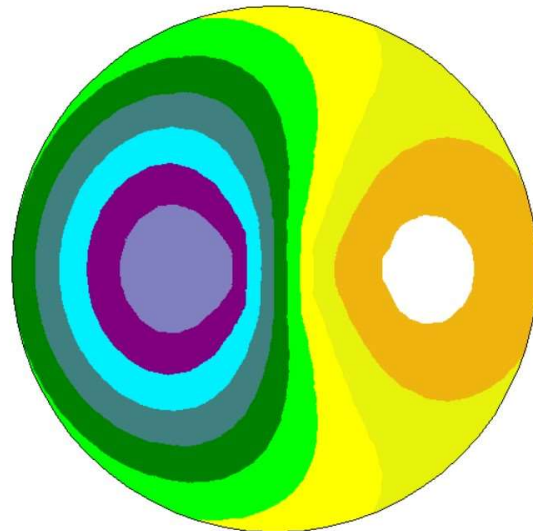
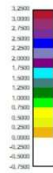
Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	27,00	15,00	0,304
Piastra n° 1	26,94	16,18	0,306
Piastra n° 1	26,77	17,34	0,312

Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	26,48	18,48	0,323
Piastra n° 1	26,09	19,59	0,337
Piastra n° 1	25,58	20,66	0,357
Piastra n° 1	24,98	21,67	0,379
Piastra n° 1	24,28	22,61	0,404
Piastra n° 1	23,49	23,49	0,426
Piastra n° 1	22,61	24,28	0,460
Piastra n° 1	21,67	24,98	0,489
Piastra n° 1	20,66	25,58	0,520
Piastra n° 1	19,59	26,09	0,552
Piastra n° 1	18,48	26,48	0,586
Piastra n° 1	17,34	26,77	0,620
Piastra n° 1	16,18	26,94	0,655
Piastra n° 1	15,00	27,00	0,692
Piastra n° 1	13,82	26,94	0,729
Piastra n° 1	12,66	26,77	0,766
Piastra n° 1	11,52	26,48	0,802
Piastra n° 1	10,41	26,09	0,838
Piastra n° 1	9,34	25,58	0,872
Piastra n° 1	8,33	24,98	0,904
Piastra n° 1	7,39	24,28	0,936
Piastra n° 1	6,51	23,49	0,950
Piastra n° 1	5,72	22,61	0,988
Piastra n° 1	5,02	21,67	1,006
Piastra n° 1	4,42	20,66	1,024
Piastra n° 1	3,91	19,59	1,038
Piastra n° 1	3,52	18,48	1,049
Piastra n° 1	3,23	17,34	1,057
Piastra n° 1	3,06	16,18	1,061
Piastra n° 1	3,00	15,00	1,063
Piastra n° 1	3,06	13,82	1,061
Piastra n° 1	3,23	12,66	1,057
Piastra n° 1	3,52	11,52	1,049
Piastra n° 1	3,91	10,41	1,038
Piastra n° 1	4,42	9,34	1,024
Piastra n° 1	5,02	8,33	1,006
Piastra n° 1	5,72	7,39	0,988
Piastra n° 1	6,51	6,51	0,950
Piastra n° 1	7,39	5,72	0,936
Piastra n° 1	8,33	5,02	0,905
Piastra n° 1	9,34	4,42	0,872
Piastra n° 1	10,41	3,91	0,838
Piastra n° 1	11,52	3,52	0,802
Piastra n° 1	12,66	3,23	0,766
Piastra n° 1	13,82	3,06	0,729
Piastra n° 1	15,00	3,00	0,692
Piastra n° 1	16,18	3,06	0,655
Piastra n° 1	17,34	3,23	0,620
Piastra n° 1	18,48	3,52	0,586
Piastra n° 1	19,59	3,91	0,552
Piastra n° 1	20,66	4,42	0,520
Piastra n° 1	21,67	5,02	0,489
Piastra n° 1	22,61	5,72	0,460
Piastra n° 1	23,49	6,51	0,426
Piastra n° 1	24,28	7,39	0,404
Piastra n° 1	24,98	8,33	0,379
Piastra n° 1	25,58	9,34	0,357
Piastra n° 1	26,09	10,41	0,338
Piastra n° 1	26,48	11,52	0,323
Piastra n° 1	26,77	12,66	0,313
Piastra n° 1	26,94	13,82	0,306
Piastra n° 1	15,00	15,00	1,218

Combinazione n° 4

Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	27,00	15,00	0,227
Piastra n° 1	26,94	16,18	0,230
Piastra n° 1	26,77	17,34	0,239
Piastra n° 1	26,48	18,48	0,253
Piastra n° 1	26,09	19,59	0,272
Piastra n° 1	25,58	20,66	0,297
Piastra n° 1	24,98	21,67	0,326
Piastra n° 1	24,28	22,61	0,357
Piastra n° 1	23,49	23,49	0,386
Piastra n° 1	22,61	24,28	0,425
Piastra n° 1	21,67	24,98	0,461
Piastra n° 1	20,66	25,58	0,497
Piastra n° 1	19,59	26,09	0,535
Piastra n° 1	18,48	26,48	0,573
Piastra n° 1	17,34	26,77	0,612
Piastra n° 1	16,18	26,94	0,652
Piastra n° 1	15,00	27,00	0,693
Piastra n° 1	13,82	26,94	0,735
Piastra n° 1	12,66	26,77	0,776
Piastra n° 1	11,52	26,48	0,816
Piastra n° 1	10,41	26,09	0,856

Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	9,34	25,58	0,894
Piastra n° 1	8,33	24,98	0,930
Piastra n° 1	7,39	24,28	0,966
Piastra n° 1	6,51	23,49	0,982
Piastra n° 1	5,72	22,61	1,023
Piastra n° 1	5,02	21,67	1,044
Piastra n° 1	4,42	20,66	1,064
Piastra n° 1	3,91	19,59	1,080
Piastra n° 1	3,52	18,48	1,092
Piastra n° 1	3,23	17,34	1,101
Piastra n° 1	3,06	16,18	1,106
Piastra n° 1	3,00	15,00	1,108
Piastra n° 1	3,06	13,82	1,106
Piastra n° 1	3,23	12,66	1,101
Piastra n° 1	3,52	11,52	1,092
Piastra n° 1	3,91	10,41	1,080
Piastra n° 1	4,42	9,34	1,064
Piastra n° 1	5,02	8,33	1,044
Piastra n° 1	5,72	7,39	1,023
Piastra n° 1	6,51	6,51	0,982
Piastra n° 1	7,39	5,72	0,966
Piastra n° 1	8,33	5,02	0,930
Piastra n° 1	9,34	4,42	0,894
Piastra n° 1	10,41	3,91	0,856
Piastra n° 1	11,52	3,52	0,817
Piastra n° 1	12,66	3,23	0,776
Piastra n° 1	13,82	3,06	0,735
Piastra n° 1	15,00	3,00	0,693
Piastra n° 1	16,18	3,06	0,652
Piastra n° 1	17,34	3,23	0,612
Piastra n° 1	18,48	3,52	0,573
Piastra n° 1	19,59	3,91	0,535
Piastra n° 1	20,66	4,42	0,498
Piastra n° 1	21,67	5,02	0,461
Piastra n° 1	22,61	5,72	0,426
Piastra n° 1	23,49	6,51	0,386
Piastra n° 1	24,28	7,39	0,358
Piastra n° 1	24,98	8,33	0,326
Piastra n° 1	25,58	9,34	0,298
Piastra n° 1	26,09	10,41	0,273
Piastra n° 1	26,48	11,52	0,254
Piastra n° 1	26,77	12,66	0,240
Piastra n° 1	26,94	13,82	0,231
Piastra n° 1	15,00	15,00	1,172



Spostamenti verticali "w" Combinazione caratteristica o rara

Risultati Analisi			
Numero combinazioni		4	(t = 0,000 sec.)
Analisi carichi verticali			
Carico Totale	38311,7017 [kN]		
Reazioni vincolari	0,0000 [kN]		
Risultante pali	---		
Reazione terreno	38311,7017 [kN]		
Spostamento massimo	2,19522 [mm]	X=10,51	Y=15,44 [m]
Spostamento minimo	-0,07945 [mm]	X=21,87	Y=14,68 [m]
Momento massimo X	10228,9946 [kNm]	X=12,84	Y=14,74 [m]
Momento minimo X	-7630,0254 [kNm]	X=17,16	Y=14,74 [m]
Momento massimo Y	6666,9056 [kNm]	X=12,83	Y=15,00 [m]
Momento minimo Y	-4629,5814 [kNm]	X=17,18	Y=15,00 [m]
<input type="button" value="Dettagli >>"/>			
Spostamento differenziale massimo		2,27 [mm]	0,02%
<input type="button" value="Chiudi"/>		<input type="button" value="Help"/>	

Il cedimento differenziale massimo è contenuto in valori compatibili con l'utilizzo della struttura in elevazione come risulta dal documento "0126-4974 VER 02 Preliminary Combine Foundation Loads – TAC7200 EV172-6.5/6.8/7.2MW, Mk1C, IEC, 114 m, 50/60 Hz, GS", (2 ‰ < 5 ‰).

7.5 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:

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

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

- R = raggio del plinto = 12,00 mt

- ν = coefficiente di Poisson = 0,47

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 DOWN HOLE di cui alla relazione geologica.

Pertanto:

$$G_{dyn} = 0.35 \cdot 2,20 \cdot 194.00^2 \cdot 10^{-3} = 28,97 \text{ MPa}$$

$DRS = 8 \cdot 28,97 \cdot 12000^3 / [3 \cdot (1 - 0,30)] = 190.705 \text{ MNm/rad} = 191 \text{ GNm/rad}$

Minimo richiesto dal costruttore = 103 GNm/rad come da documento "0126-4974 VER 02 Preliminary Combine Foundation Loads – TAC7200 EV172-6.5/6.8/7.2MW, Mk1C, IEC, 114 m, 50/60 Hz, GS" par.5 .

8 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.

Bari, 31 maggio 2023

PROGETTAZIONE:

ing. Massimo CANDEO

Ord. Ing.ri Bari n°3755



The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular professional stamp. The stamp contains the text: "Ing. Massimo CANDEO", "ALBO INGEGNERI PROV. DI BARI", and "N. 3755".