



Calcoli preliminari delle strutture

Progetto definitivo

Impianto eolico in agro di Ginosa

Comune di Ginosa (TA)

Località Corvellara e Cipolluzzo

N. REV.	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	
a	Prima emissione	Ing. Marco Evangelista Ord. Ing. Bari n. 4245	Ing. Gabriele Conversano Ord. Ing. Bari n. 8844 STIM Engineering S.r.l.	Ing. Massimo Candeo Ord. Ing. Bari n. 3755 STIM Engineering s.r.l.	IT/EOL/E-GINO/PDF/C/RS/14-a 27/07/2023 Corso Vittorio Emanuele II, 6 10128 Torino - Italia asja.ginosa@pec.it



STIM ENGINEERING S.r.l.

VIA GARRUBA, 3 - 70121 BARI

Tel. 080.5210232 - Fax 080.5234353

www.stimeng.it - segreteria@stimeng.it

1 INDICE

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	4
2.1	Descrizione dell'intervento	4
2.2	Fasi di lavoro per la realizzazione dell'intervento	6
2.3	Dati strutturali di progetto	7
3	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	8
4	INPUT DI MODELLAZIONE NUMERICA FEM	10
4.1	Classificazione sismica del comune di ginosa	10
4.2	Categoria Di sottosuolo e condizioni topografiche	14
4.3	Ipotesi di progetto e parametri sismici	14
4.4	Criteri di concezione e di schematizzazione strutturale: efficacia del modello	15
5	ANALISI STRUTTURALE	17
5.1	Valori di progetto della resistenza dei materiali strutturali	17
5.2	Prescrizioni sul calcestruzzo di fondazione	17
5.3	Acciaio per opere in c.a.	17
5.4	Definizione del copriferro.....	18
5.5	Classe di esposizione.....	18
5.6	Azioni di progetto	18
5.7	Combinazioni di carico	19
5.8	Verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU)	20
6	Dati	23
6.1	Materiali.....	23
6.2	Geometria	23
6.3	Spessori piastra	23
6.4	Descrizione terreni	24
6.5	Carichi	26
6.6	Dettagli calcolo capacita' portante.....	31
7	PRINCIPALI VERIFICHE.....	32
7.1	Verifiche Geotecniche.....	32
7.2	Verifiche Strutturali	32
7.3	Verifica equilibrio di corpo rigido	38
7.4	Verifiche allo stato limite di esercizio (sle)	38
7.5	Valutazione della rigidezza rotazionale dinamica (drs).....	47
8	Metodologie di calcolo, tipo di analisi e strumenti utilizzati.....	48

1 PREMESSA

La presente Relazione è strutturata come di seguito:

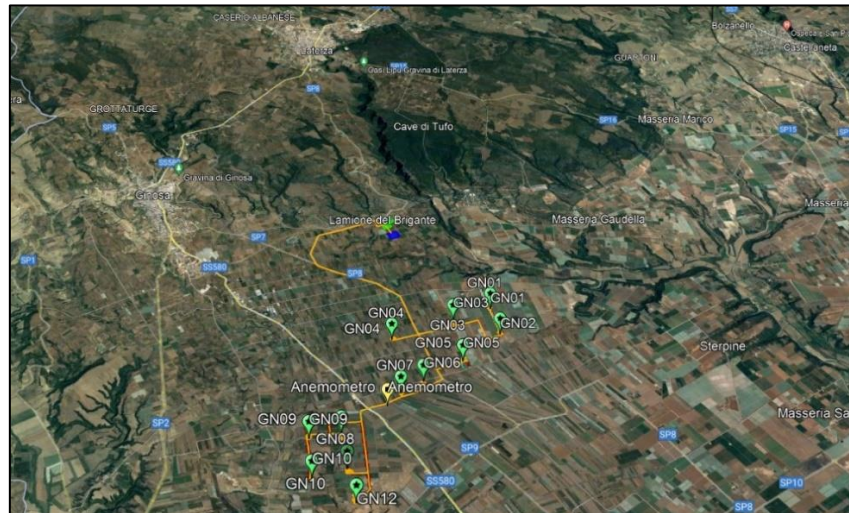
- Il CAPITOLO 2 è introduttivo e descrittivo;
- il CAPITOLO 3 riporta le norme di riferimento;
- il CAPITOLO 4 individua la categoria sismica del sottosuolo del sito di realizzazione;
- il CAPITOLO 5 indica l'origine e la tipologia delle condizioni di carico elementari considerate permanenti e variabili 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

La presente documentazione costituisce parte integrante della proposta progettuale, avanzata dalla società ASJA Ginosa S.r.l., promotrice del progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza di 79,2 MW ubicato nel comune di Ginosa (TA), composto da n° 12 WTG di potenza unitaria pari a 6,6 MW.

Come da STMG ricevuta per la pratica 202204253, la consegna alla rete elettrica nazionale dell'energia prodotta avverrà mediante collegamento in antenna a 30 kV su una futura SE Terna 150/30 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV "CP Castellaneta – AQP Ginosa All. – CP Laterza".



Inquadramento a scala ampia dell'area di intervento con limiti comunali

Di seguito è riportato un inquadramento su ortofoto del layout dell'impianto, in cui sono mostrate le posizioni degli aerogeneratori.



Inquadramento a scala ridotta dell'area di intervento

L'impianto proposto, destinato alla produzione industriale di energia elettrica mediante lo sfruttamento della fonte rinnovabile eolica, prevede l'installazione di

- n.12 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,6 MW, per una potenza d'impianto complessiva pari a $P = 79,2$ MW. Gli aerogeneratori avranno ciascuno diametro del rotore pari a 170 m, saranno installati su torre tubolare di altezza massima pari a 135 m per una altezza complessiva al tip di 220 metri;
- l'installazione e messa in opera, in conformità alle indicazioni fornite da TERNA SpA, gestore della RTN, e delle normative di settore di cavi interrati a 30 kV di interconnessione tra gli aerogeneratori e di connessione degli aerogeneratori alla SE TERNA 30/150 kV e delle cabine di sezionamento necessarie;

il tutto posizionato come da elaborati grafici allegati al presente progetto.

Nella tabella sottostante si riportano i dati catastali e le coordinate nel sistema di riferimento WGS 84 UTM 33N, per ogni punto macchina.

WTG	COMUNE	Fg.	Part.	WGS 84 UTM 33N Cord E	WGS 84 UTM 33N Cord N
GN 01	GINOSA	99	146	655367	4490274
GN 02	GINOSA	99	133	655483	4489608
GN 03	GINOSA	99	38	654627	4489938
GN 04	GINOSA	94	181	653433	4489410
GN 05	GINOSA	98	167	654721	4488900
GN 06	GINOSA	97	176	653959	4488387
GN 07	GINOSA	97	166	653532	4488097
GN 08	GINOSA	105	15	652442	4487136
GN 09	GINOSA	105	4	651876	4487024
GN 10	GINOSA	105	215	651926	4486171
GN 11	GINOSA	105	195	652526	4486385
GN 12	GINOSA	106	74	652665	4485685

Layout di progetto – Posizione aerogeneratori

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

L'aerogeneratore impiegato nel presente progetto è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a **135 mt** dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a **170 m**, per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di **220 mt** rispetto al suolo.

Sarà impiegata una turbina eolica del tipo **SG 6.6-170 SIEMENS Gamesa da 6,6 MW**.

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

A servizio degli aerogeneratori saranno realizzate le seguenti OPERE EDILI:

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

Per lo stesso scopo saranno realizzate le seguenti OPERE ELETTRICHE:

OPERE DI UTENZA:

- realizzazione di Stazione elettrica ubicata in agro di Ginosa con connessione del cavidotto ad una tensione di 30 KV.
- Cabina di utenza a monte della Stazione Elettrica Terna di nuova realizzazione.

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 interpoderale esistente consentano il transito dei mezzi di cantiere, per il raggiungimento dell'area d'installazione di ciascun aerogeneratore;
- realizzazione delle piazzole per l'installazione degli aerogeneratori;
- scavi a sezione larga per la realizzazione della fondazione di macchina e scavi a sezione ristretta per la messa in opera dei cavidotti;
- realizzazione delle fondazioni di macchina;
- installazione degli aerogeneratori;
- realizzazione della stazione elettrica;
- installazione cabina di sezionamento/parallelo;
- messa in opera dei cavidotti interrati;
- realizzazione della connessione elettrica d'impianto alla rete di trasmissione gestita da TERNA.

Qui di seguito una possibile suddivisione delle FASI DI LAVORO:

- preparazione del cantiere attraverso i rilievi sull'area e picchettamento delle aree di intervento;
- apprestamento delle aree di cantiere;
- realizzazione delle piste d'accesso all'area di intervento dei mezzi di cantiere;
- livellamento e preparazione delle piazzole;
- modifica della viabilità esistente fino alla finitura per consentire l'accesso dei mezzi di trasporto delle componenti degli aerogeneratori;
- realizzazione delle fondazioni in ciascuna piazzola (scavi, casseforme, armature, getto cls, disarmi, riempimenti);
- montaggio aerogeneratori;
- montaggio impianto elettrico aerogeneratori;
- posa cavidotto in area piazzola e pista di accesso;
- finitura piazzola e pista;
- posa cavidotti di collegamento tra gli aerogeneratori; posa cavidotti di collegamento alla stazione elettrica di connessione e consegna direttamente alla tensione di 36 KV (scavi, posa cavidotti, riempimenti, finitura) compresa la risoluzione di eventuali interferenze
- preparazione area cabina elettrica di sezionamento/parallelo (livellamento, scavi e rilevati);
- fondazioni stazione elettrica;
- montaggio stazione elettrica;

- fondazioni cabina elettrica sezionamento/parallelo ed installazione della stessa;
- cavidotti interrati interni: opere edili;
- cavidotti interrati interni: opere elettriche;
- 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 135 mt dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a 170m (lunghezza pala 85 mt circa), per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pala di 220 mt.

Come detto sarà impiegata una turbina eolica del tipo **SG 6.6-170 SIEMENS Gamesa da 6,6 MW**.

L'ancoraggio alle fondazioni in oggetto avverrà tramite opportuno sistema di ancoraggio fornito dal costruttore delle turbine e precisamente tramite 136+136 tirafondi precaricati preassemblati su due flange, superiore ed inferiore, la cui circonferenza media avrà un diametro pari a mt 5,65.

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 GN 01, GN 02, GN 03, GN 04, GN 05, GN 06, GN 07, GN 08, GN 09, GN 10, GN 11, GN 12.

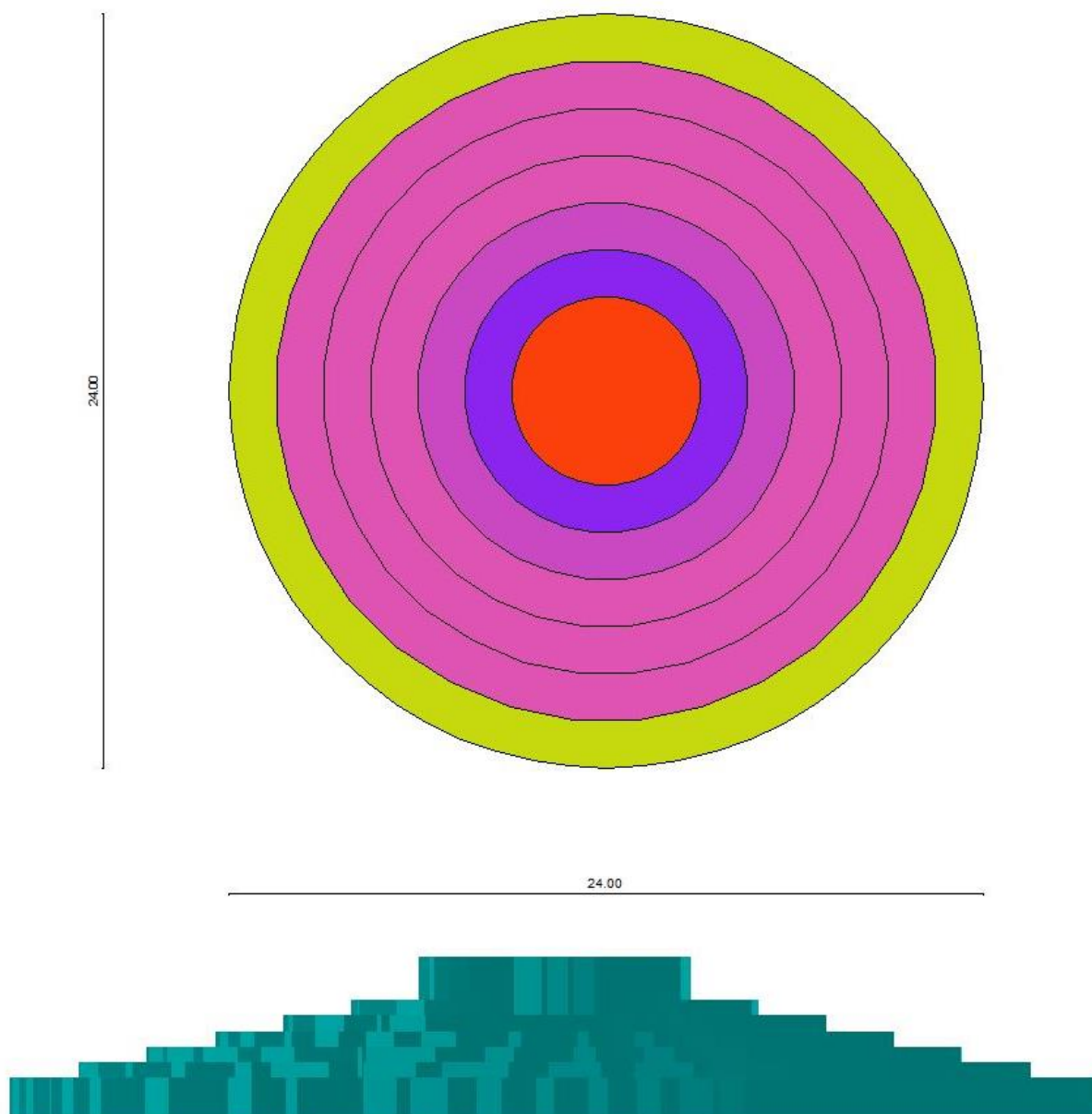
La struttura di fondazione è costituita da:

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 6,00.



Geometria della fondazione (GN 01, GN 02, GN 03, GN 04, GN 05, GN 06, GN 07, GN 08, GN 09, GN 10, GN 11, GN 12)

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

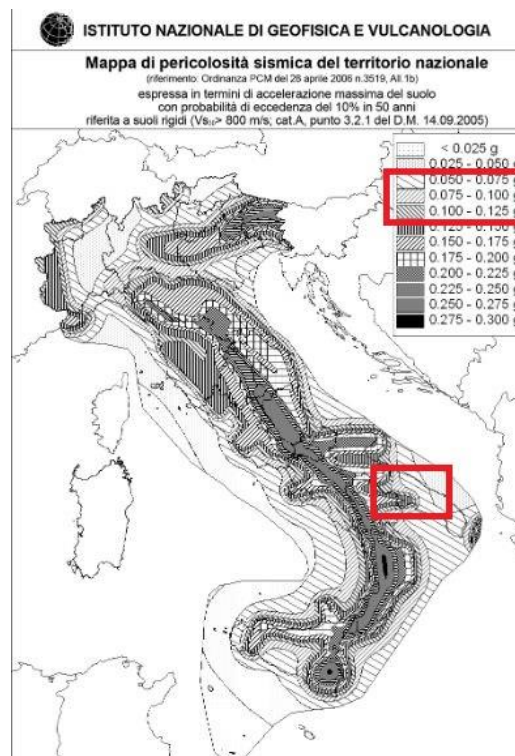
4.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI GINOSA

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

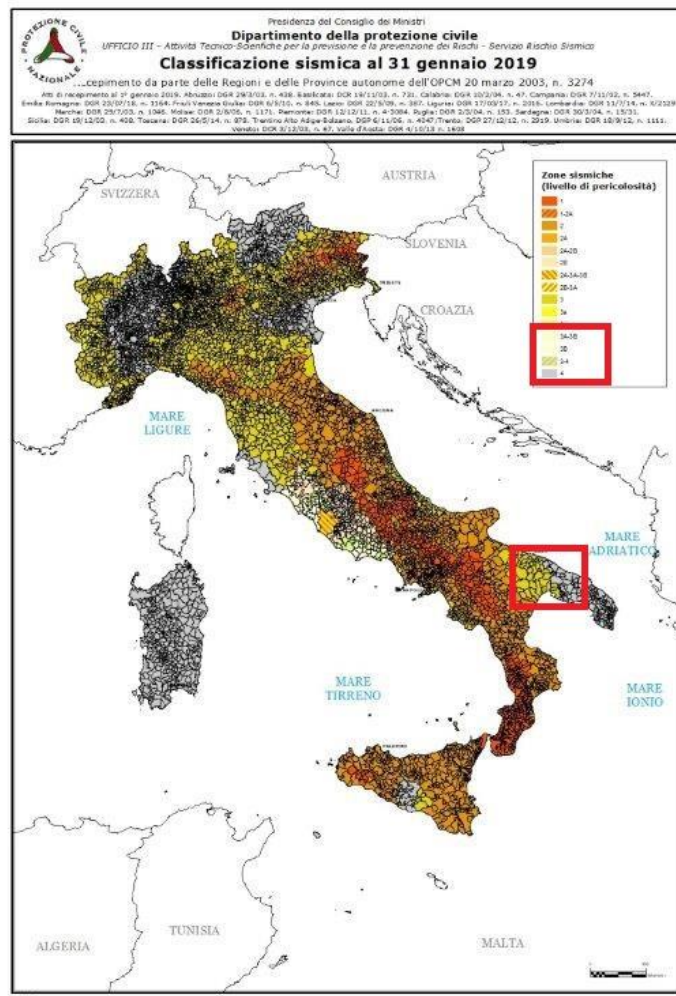
zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

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 sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione, basandosi su una classificazione a priori:



Mapa sismica OPCM 3519 del 28 aprile 2006



Mappa 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

GN 01	WGS84 LONG-LAT	16.834867	40.548666	
	T _R	a _g / g (m/s ²)	F ₀	T _c *

SLO	30	0.0367	2.42	0.28
SLD	50	0.0503	2.50	0.29
SLV	475	0.1523	2.47	0.32
SLC	975	0.1987	2.48	0.32
GN 02	WGS84 LONG-LAT	16.836078	40.542650	
	T_R	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F_0	T_c^*
SLO	30	0.0366	2.42	0.28
SLD	50	0.0502	2.50	0.29
SLV	475	0.1519	2.47	0.32
SLC	975	0.1982	2.48	0.32
GN 03	WGS84 LONG-LAT	16.826049	40.545783	
	T_R	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F_0	T_c^*
SLO	30	0.0368	2.42	0.28
SLD	50	0.0504	2.50	0.29
SLV	475	0.1524	2.47	0.32
SLC	975	0.1987	2.48	0.32
GN 04	WGS84 LONG-LAT	16.811832	40.541246	
	T_R	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F_0	T_c^*
SLO	30	0.0369	2.42	0.28
SLD	50	0.0505	2.50	0.29
SLV	475	0.1525	2.47	0.32
SLC	975	0.1988	2.49	0.32
GN 05	WGS84 LONG-LAT	16.826910	40.536419	
	T_R	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F_0	T_c^*
SLO	30	0.0366	2.42	0.28
SLD	50	0.0499	2.49	0.29
SLV	475	0.1491	2.48	0.32
SLC	975	0.1948	2.49	0.32
GN 06	WGS84 LONG-LAT	16.817794	40.531943	
	T_R	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F_0	T_c^*
SLO	30	0.0365	2.42	0.28
SLD	50	0.0492	2.48	0.30
SLV	475	0.1445	2.49	0.32
SLC	975	0.1989	2.49	0.33
GN 07	WGS84 LONG-LAT	16.812686	40.529408	
	T_R	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F_0	T_c^*
SLO	30	0.0365	2.42	0.28
SLD	50	0.0492	2.48	0.30
30SLV	475	0.1441	2.49	0.33

SLC	975	0.1884	2.49	0.33
GN 08	WGS84 LONG-LAT	16.799593	40.520959	
	TR	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F0	Tc*
SLO	30	0.0365	2.42	0.28
SLD	50	0.0492	2.48	0.30
SLV	475	0.1431	2.49	0.33
SLC	975	0.1870	2.50	0.33
GN 09	WGS84 LONG-LAT	16.792883	40.520047	
	TR	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F0	Tc*
SLO	30	0.0366	2.42	0.28
SLD	50	0.0493	2.48	0.30
SLV	475	0.1432	2.49	0.33
SLC	975	0.1872	2.50	0.33
GN 10	WGS84 LONG-LAT	16.793266	40.512359	
	TR	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F0	Tc*
SLO	30	0.0365	2.42	0.28
SLD	50	0.0489	2.47	0.30
SLV	475	0.1412	2.50	0.33
SLC	975	0.1847	2.50	0.33
GN 11	WGS84 LONG-LAT	16.800401	40.514173	
	TR	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F0	Tc*
SLO	30	0.0364	2.42	0.28
SLD	50	0.0489	2.47	0.30
SLV	475	0.1416	2.50	0.33
SLC	975	0.1851	2.50	0.33
GN 12	WGS84 LONG-LAT	16.801873	40.507852	
	TR	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F0	Tc*
SLO	30	0.0363	2.42	0.28
SLD	50	0.0487	2.47	0.30
SLV	475	0.1402	2.50	0.33
SLC	975	0.1834	2.50	0.33
ANEMOMETRO	WGS84 LONG-LAT	16.809631	40.526669	
	TR	$a_g / g \text{ (m/s}^2\text{)}$	F0	Tc*
SLO	30	0.0365	2.42	0.28
SLD	50	0.0492	2.48	0.30
SLV	475	0.1438	2.49	0.33
SLC	975	0.1879	2.49	0.33

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 MASW come riportato nella Relazione Geologica redatta 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.

Attraverso l'analisi delle onde superficiali è stato possibile determinare il parametro $V_{s,eq}$, come previsto dal Testo Unico per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018, $V_{s,eq}$:

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

Sulla base della $V_{s,eq}$ media calcolata pari a 508,33 m/s, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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 fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ 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 $c_{u,30} < 70$ 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]**

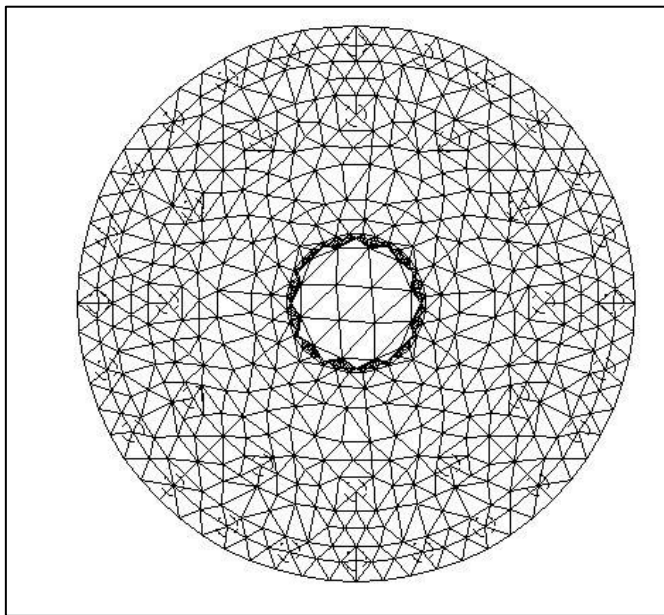
Nel caso specifico valgono i parametri sismici riportati nella precedente Tabella 1.

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 = 1278; n. nodi = 672

Il calcolo è stato condotto mediante analisi lineare.

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

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

La struttura è stata suddivisa in elementi connessi fra di loro in corrispondenza dei nodi. Il campo degli spostamenti, interno all'elemento, viene approssimato in funzione degli spostamenti nodali mediante le funzioni di forma. Il programma ha utilizzato, per l'analisi tipo piastra, elementi triangolari. Nello specifico, è stata generata una mesh triangolare strutturata su una maglia stabilita a priori.

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

In considerazione dell'assetto litostratigrafico e geotecnico dell'area, rivelatasi nell'insieme omogenea, la caratterizzazione stratigrafica determinata è da considerarsi caratteristica per i siti di realizzazione degli aerogeneratori denominati GN 01, GN 02, GN 03, GN 04, GN 05, GN 06, GN 07, GN 08, GN 09, GN 10, GN 11, GN 12.

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), 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 ^[1]_[SEP]

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 = $32 + 10 = 42 \text{ mm}$

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 espulsione 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 "D22406108-007 SGRE ON SG 6.2-170 Foundation Loads

T135-50"

Load case	F _z (kN)	F _{xy} (kN)	M _z (kNm)	M _{xy} (kNm)
Characteristic load without PSF	7388	1192	-735	167631

Table 4 SG6.2-170 T135-50A Characteristics Loads at the base of the tower

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

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

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

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

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

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

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:

G₁ 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);

G₂ 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:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad \text{Combinazione n° 2 (quasi permanente)}$$

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad \text{Combinazione n° 3 (frequente)}$$

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad \text{Combinazione caratteristica n° 4 (rara)}$$

dove:

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

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

P rappresenta pretensione e precompressione;

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

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

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

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

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

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 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

Le verifiche GEO sono riportate al paragrafo 7.1.

- SLU di tipo strutturale (STR)
- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

Le verifiche STR sono riportate al paragrafo 7.2

- SLU di tipo equilibrio (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.

Nelle verifiche di sicurezza sono stati presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve che a lungo termine.

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.I 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.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{Gi}

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

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

6 DATI

6.1 MATERIALI

Simbologia adottata

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

n°	Descrizione	TC	Rck [N/mm ²]	ρ_{ds} [kN/mc]	E N/mm ²	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	7,05
	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 una precisa successione di terreni per il gruppo di aerogeneratori costituito dagli aerogeneratori GN 01, GN 02, GN 03, GN 04, GN 05, GN 06, GN 07, GN 08, GN 09, GN 10, GN 11, GN 12.

In particolare Il rilevamento geologico, eseguito nell'area circostante al sito oggetto di intervento e il risultato dell'indagine sismica ha permesso di ricostruire, in dettaglio, il modello geologico del sottosuolo: nell'area, al di sotto del terreno vegetale, affiorano soprattutto depositi sabbiosi.

Profondità	Descrizione
da 0,00 m a -1,00/-2,00 m dal p.c.	Terreno vegetale
da -2,00 m a -7,00 m dal p.c.	Depositi sabbiosi giallastri con presenza di ghiaia e ciottoli poligenici
Da -7,00 m a -12,00 m dal p.c.	Depositi sabbiosi giallastri con presenza di ghiaia e ciottoli poligenici, con livelli ben cementati

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.]:

Siti di ubicazione degli aerogeneratori GN 01, GN 02, GN 03, GN 04, GN 05, GN 06, GN 07, GN 08, GN 09, GN 10, GN 11, GN 12.

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 1,2,3,4 di tutti gli aerogeneratori.

UNITÀ GEOTECNICA 1: A Terreno vegetale

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.

Parametri geotecnici principali caratteristici:

γ (kN/m³) Peso per unità di volume naturale 16,6

ϕ (°) Angolo di attrito 10°

coesione non drenata (kPa) -

E (Mpa) Modulo Elastico -

ν Coefficiente di Poisson -

UNITÀ GEOTECNICA 2: B depositi sabbiosi giallastri con presenza di ghiaia e ciottoli poligenici

Parametri geotecnici principali caratteristici:

γ (kN/m³) Peso per unità di volume naturale 16,6

ϕ (°) Angolo di attrito 21,5°

coesione non drenata (kPa) 41

E (Mpa) Modulo Elastico 248,48

ν Coefficiente di Poisson 0,36

UNITÀ GEOTECNICA 3: C depositi sabbiosi giallastri con presenza di ghiaia e ciottoli poligenici ben cementati

Parametri geotecnici principali caratteristici:

γ (kN/m³) Peso per unità di volume naturale 18,6

ϕ (°) Angolo di attrito 28,5°

coesione non drenata (kPa) 81

E (Mpa) Modulo Elastico 992,49

ν Coefficiente di Poisson 0,43

Falda assente

In definitiva si assume il seguente modello geotecnico.

Descrizione terreni

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 palo-terreno espresso in gradi
cu	Coesione non drenata del terreno espressa in [N/mm ²]
ca	Adesione del terreno espressa in [N/mm ²]
τ_l	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [N/mm ²]
α	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	cu [N/mm ²]	ca [N/mm ²]
Terreno vegetale	16,600	16,600	10.00	6.67	0,0050	0,0025
Depositi sabbiosi giallastri ghiaia ciottoli poligenici	16,600	16,600	21.50	14.33	0,0410	0,0205
Depositi sabbiosi giallastri ghiaia ciottoli ben cementati	18,600	18,600	28.50	19.00	0,0810	0,0405

Caratteristiche di deformabilità

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
Ed	Modulo edometrico espresso in [N/mm ²]
RR	Rapporto di ricomprensione
CR	Rapporto di compressione
OCR	Grado di sovraconsolidazione
E	Modulo elastico espresso in [N/mm ²]
ν	Coefficiente di Poisson

Descrizione	Ed [N/mm ²]	RR	CR	OCR	E [N/mm ²]	ν
Terreno vegetale	100,000	0.0000	0.0000	1.0000	1000,000	0.360
Depositi sabbiosi giallastri ghiaia ciottoli poligenici	248,490	0.0000	0.0000	1.0000	248,490	0.360
Depositi sabbiosi giallastri ghiaia ciottoli ben cementati	992,490	0.0000	0.0000	1.0000	992,490	0.430

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

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

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno
1	-2,0	-2,0	-2,0	Terreno vegetale
2	-7,0	-7,0	-7,0	Depositi sabbiosi giallastri ghiaia ciottoli poligenici
3	-12,0	-12,0	-12,0	Depositi sabbiosi giallastri ghiaia ciottoli ben cementati

Falda

Falda non presente

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]

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	17,82	15,00	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,82	15,13	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,81	15,26	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,80	15,39	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,78	15,52	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,75	15,65	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,72	15,77	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,68	15,90	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,63	16,02	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,58	16,14	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,53	16,26	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,47	16,37	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,40	16,49	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,33	16,60	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,25	16,70	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,17	16,80	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,09	16,90	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,00	17,00	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,90	17,09	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,80	17,17	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,70	17,25	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,60	17,33	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,49	17,40	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,37	17,47	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,26	17,53	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,14	17,58	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,02	17,63	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,90	17,68	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,77	17,72	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,65	17,75	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,52	17,78	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,39	17,80	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,26	17,81	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,13	17,82	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,00	17,82	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,87	17,82	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,74	17,81	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,61	17,80	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,48	17,78	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,35	17,75	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,23	17,72	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,10	17,68	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,98	17,63	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,86	17,58	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,74	17,53	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,63	17,47	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,51	17,40	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,40	17,33	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,30	17,25	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,20	17,17	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,10	17,09	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,00	17,00	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,91	16,90	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,83	16,80	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,75	16,70	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,67	16,60	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,60	16,49	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,53	16,37	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,47	16,26	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,42	16,14	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,37	16,02	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,32	15,90	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,28	15,77	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,25	15,65	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,22	15,52	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,20	15,39	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,19	15,26	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,18	15,13	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,18	15,00	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,18	14,87	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	12,19	14,74	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,20	14,61	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,22	14,48	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,25	14,35	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,28	14,23	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,32	14,10	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,37	13,98	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,42	13,86	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,47	13,74	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,53	13,63	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,60	13,51	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,67	13,40	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,75	13,30	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,83	13,20	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,91	13,10	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,00	13,00	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,10	12,91	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,20	12,83	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,30	12,75	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,40	12,67	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,51	12,60	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,63	12,53	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,74	12,47	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,86	12,42	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,98	12,37	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,10	12,32	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,23	12,28	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,35	12,25	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,48	12,22	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,61	12,20	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,74	12,19	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,87	12,18	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,00	12,18	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,13	12,18	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,26	12,19	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,39	12,20	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,52	12,22	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,65	12,25	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,77	12,28	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,90	12,32	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,02	12,37	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,14	12,42	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,26	12,47	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,37	12,53	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,49	12,60	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,60	12,67	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,70	12,75	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,80	12,83	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,90	12,91	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,00	13,00	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,09	13,10	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,17	13,20	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,25	13,30	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,33	13,40	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,40	13,51	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,47	13,63	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,53	13,74	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,58	13,86	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,63	13,98	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,68	14,10	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,72	14,23	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,75	14,35	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,78	14,48	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,80	14,61	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,81	14,74	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,82	14,87	54,324	0,000	0,000	0,000	0,000

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

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	17,82	15,00	0,000	0,000	0,000	0,000	6,852
Piastra	17,82	15,13	-40,301	0,000	0,000	0,088	6,854
Piastra	17,81	15,26	-80,516	0,000	0,000	0,177	6,860
Piastra	17,80	15,39	-120,559	0,000	0,000	0,264	6,870
Piastra	17,78	15,52	-160,344	0,000	0,000	0,352	6,884
Piastra	17,75	15,65	-199,788	0,000	0,000	0,438	6,902
Piastra	17,72	15,77	-238,805	0,000	0,000	0,524	6,925
Piastra	17,68	15,90	-277,312	0,000	0,000	0,608	6,951
Piastra	17,63	16,02	-315,228	0,000	0,000	0,691	6,981

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	17,58	16,14	-352,471	0,000	0,000	0,773	7,015
Piastra	17,53	16,26	-388,962	0,000	0,000	0,853	7,052
Piastra	17,47	16,37	-424,623	0,000	0,000	0,931	7,093
Piastra	17,40	16,49	-459,377	0,000	0,000	1,007	7,138
Piastra	17,33	16,60	-493,151	0,000	0,000	1,081	7,186
Piastra	17,25	16,70	-525,873	0,000	0,000	1,153	7,238
Piastra	17,17	16,80	-557,473	0,000	0,000	1,222	7,293
Piastra	17,09	16,90	-587,883	0,000	0,000	1,289	7,351
Piastra	17,00	17,00	-617,038	0,000	0,000	1,353	7,412
Piastra	16,90	17,09	-644,877	0,000	0,000	1,414	7,476
Piastra	16,80	17,17	-671,339	0,000	0,000	1,472	7,543
Piastra	16,70	17,25	-696,369	0,000	0,000	1,527	7,612
Piastra	16,60	17,33	-719,912	0,000	0,000	1,578	7,684
Piastra	16,49	17,40	-741,920	0,000	0,000	1,627	7,758
Piastra	16,37	17,47	-762,344	0,000	0,000	1,671	7,834
Piastra	16,26	17,53	-781,141	0,000	0,000	1,713	7,912
Piastra	16,14	17,58	-798,271	0,000	0,000	1,750	7,992
Piastra	16,02	17,63	-813,697	0,000	0,000	1,784	8,074
Piastra	15,90	17,68	-827,387	0,000	0,000	1,814	8,157
Piastra	15,77	17,72	-839,312	0,000	0,000	1,840	8,241
Piastra	15,65	17,75	-849,445	0,000	0,000	1,862	8,327
Piastra	15,52	17,78	-857,766	0,000	0,000	1,880	8,413
Piastra	15,39	17,80	-864,256	0,000	0,000	1,895	8,500
Piastra	15,26	17,81	-868,901	0,000	0,000	1,905	8,588
Piastra	15,13	17,82	-871,693	0,000	0,000	1,911	8,676
Piastra	15,00	17,82	-872,624	0,000	0,000	1,913	8,765
Piastra	14,87	17,82	-871,693	0,000	0,000	1,911	8,853
Piastra	14,74	17,81	-868,901	0,000	0,000	1,905	8,941
Piastra	14,61	17,80	-864,256	0,000	0,000	1,895	9,029
Piastra	14,48	17,78	-857,766	0,000	0,000	1,880	9,116
Piastra	14,35	17,75	-849,445	0,000	0,000	1,862	9,203
Piastra	14,23	17,72	-839,312	0,000	0,000	1,840	9,288
Piastra	14,10	17,68	-827,387	0,000	0,000	1,814	9,373
Piastra	13,98	17,63	-813,697	0,000	0,000	1,784	9,456
Piastra	13,86	17,58	-798,271	0,000	0,000	1,750	9,537
Piastra	13,74	17,53	-781,141	0,000	0,000	1,713	9,617
Piastra	13,63	17,47	-762,344	0,000	0,000	1,671	9,696
Piastra	13,51	17,40	-741,920	0,000	0,000	1,627	9,772
Piastra	13,40	17,33	-719,912	0,000	0,000	1,578	9,846
Piastra	13,30	17,25	-696,369	0,000	0,000	1,527	9,918
Piastra	13,20	17,17	-671,339	0,000	0,000	1,472	9,987
Piastra	13,10	17,09	-644,877	0,000	0,000	1,414	10,054
Piastra	13,00	17,00	-617,038	0,000	0,000	1,353	10,117
Piastra	12,91	16,90	-587,883	0,000	0,000	1,289	10,178
Piastra	12,83	16,80	-557,473	0,000	0,000	1,222	10,236
Piastra	12,75	16,70	-525,873	0,000	0,000	1,153	10,291
Piastra	12,67	16,60	-493,151	0,000	0,000	1,081	10,343
Piastra	12,60	16,49	-459,377	0,000	0,000	1,007	10,391
Piastra	12,53	16,37	-424,623	0,000	0,000	0,931	10,436
Piastra	12,47	16,26	-388,962	0,000	0,000	0,853	10,477
Piastra	12,42	16,14	-352,471	0,000	0,000	0,773	10,515
Piastra	12,37	16,02	-315,228	0,000	0,000	0,691	10,549
Piastra	12,32	15,90	-277,312	0,000	0,000	0,608	10,579
Piastra	12,28	15,77	-238,805	0,000	0,000	0,524	10,605
Piastra	12,25	15,65	-199,788	0,000	0,000	0,438	10,627
Piastra	12,22	15,52	-160,344	0,000	0,000	0,352	10,645
Piastra	12,20	15,39	-120,559	0,000	0,000	0,264	10,659
Piastra	12,19	15,26	-80,516	0,000	0,000	0,177	10,670
Piastra	12,18	15,13	-40,301	0,000	0,000	0,088	10,676
Piastra	12,18	15,00	0,000	0,000	0,000	0,000	10,678
Piastra	12,18	14,87	40,301	0,000	0,000	-0,088	10,676
Piastra	12,19	14,74	80,516	0,000	0,000	-0,177	10,670
Piastra	12,20	14,61	120,559	0,000	0,000	-0,264	10,659
Piastra	12,22	14,48	160,344	0,000	0,000	-0,352	10,645
Piastra	12,25	14,35	199,788	0,000	0,000	-0,438	10,627
Piastra	12,28	14,23	238,805	0,000	0,000	-0,524	10,605
Piastra	12,32	14,10	277,312	0,000	0,000	-0,608	10,579
Piastra	12,37	13,98	315,228	0,000	0,000	-0,691	10,549
Piastra	12,42	13,86	352,471	0,000	0,000	-0,773	10,515
Piastra	12,47	13,74	388,962	0,000	0,000	-0,853	10,477
Piastra	12,53	13,63	424,623	0,000	0,000	-0,931	10,436
Piastra	12,60	13,51	459,377	0,000	0,000	-1,007	10,391
Piastra	12,67	13,40	493,151	0,000	0,000	-1,081	10,343
Piastra	12,75	13,30	525,873	0,000	0,000	-1,153	10,291
Piastra	12,83	13,20	557,473	0,000	0,000	-1,222	10,236
Piastra	12,91	13,10	587,883	0,000	0,000	-1,289	10,178
Piastra	13,00	13,00	617,038	0,000	0,000	-1,353	10,117
Piastra	13,10	12,91	644,877	0,000	0,000	-1,414	10,054
Piastra	13,20	12,83	671,339	0,000	0,000	-1,472	9,987
Piastra	13,30	12,75	696,369	0,000	0,000	-1,527	9,918
Piastra	13,40	12,67	719,912	0,000	0,000	-1,578	9,846
Piastra	13,51	12,60	741,920	0,000	0,000	-1,627	9,772
Piastra	13,63	12,53	762,344	0,000	0,000	-1,671	9,696
Piastra	13,74	12,47	781,141	0,000	0,000	-1,713	9,617

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	13,86	12,42	798,271	0,000	0,000	-1,750	9,537
Piastra	13,98	12,37	813,697	0,000	0,000	-1,784	9,456
Piastra	14,10	12,32	827,387	0,000	0,000	-1,814	9,373
Piastra	14,23	12,28	839,312	0,000	0,000	-1,840	9,288
Piastra	14,35	12,25	849,445	0,000	0,000	-1,862	9,203
Piastra	14,48	12,22	857,766	0,000	0,000	-1,880	9,116
Piastra	14,61	12,20	864,256	0,000	0,000	-1,895	9,029
Piastra	14,74	12,19	868,901	0,000	0,000	-1,905	8,941
Piastra	14,87	12,18	871,693	0,000	0,000	-1,911	8,853
Piastra	15,00	12,18	872,624	0,000	0,000	-1,913	8,765
Piastra	15,13	12,18	871,693	0,000	0,000	-1,911	8,676
Piastra	15,26	12,19	868,901	0,000	0,000	-1,905	8,588
Piastra	15,39	12,20	864,256	0,000	0,000	-1,895	8,500
Piastra	15,52	12,22	857,766	0,000	0,000	-1,880	8,413
Piastra	15,65	12,25	849,445	0,000	0,000	-1,862	8,327
Piastra	15,77	12,28	839,312	0,000	0,000	-1,840	8,241
Piastra	15,90	12,32	827,387	0,000	0,000	-1,814	8,157
Piastra	16,02	12,37	813,697	0,000	0,000	-1,784	8,074
Piastra	16,14	12,42	798,271	0,000	0,000	-1,750	7,992
Piastra	16,26	12,47	781,141	0,000	0,000	-1,713	7,912
Piastra	16,37	12,53	762,344	0,000	0,000	-1,671	7,834
Piastra	16,49	12,60	741,920	0,000	0,000	-1,627	7,758
Piastra	16,60	12,67	719,912	0,000	0,000	-1,578	7,684
Piastra	16,70	12,75	696,369	0,000	0,000	-1,527	7,612
Piastra	16,80	12,83	671,339	0,000	0,000	-1,472	7,543
Piastra	16,90	12,91	644,877	0,000	0,000	-1,414	7,476
Piastra	17,00	13,00	617,038	0,000	0,000	-1,353	7,412
Piastra	17,09	13,10	587,883	0,000	0,000	-1,289	7,351
Piastra	17,17	13,20	557,473	0,000	0,000	-1,222	7,293
Piastra	17,25	13,30	525,873	0,000	0,000	-1,153	7,238
Piastra	17,33	13,40	493,151	0,000	0,000	-1,081	7,186
Piastra	17,40	13,51	459,377	0,000	0,000	-1,007	7,138
Piastra	17,47	13,63	424,623	0,000	0,000	-0,931	7,093
Piastra	17,53	13,74	388,962	0,000	0,000	-0,853	7,052
Piastra	17,58	13,86	352,471	0,000	0,000	-0,773	7,015
Piastra	17,63	13,98	315,228	0,000	0,000	-0,691	6,981
Piastra	17,68	14,10	277,312	0,000	0,000	-0,608	6,951
Piastra	17,72	14,23	238,805	0,000	0,000	-0,524	6,925
Piastra	17,75	14,35	199,788	0,000	0,000	-0,438	6,902
Piastra	17,78	14,48	160,344	0,000	0,000	-0,352	6,884
Piastra	17,80	14,61	120,559	0,000	0,000	-0,264	6,870
Piastra	17,81	14,74	80,516	0,000	0,000	-0,177	6,860
Piastra	17,82	14,87	40,301	0,000	0,000	-0,088	6,854

Peso terreno gravante sulla fondazione

Oggetto	Pt [kN]
Piastra 1	10169,0825

Normativa - Coefficienti di sicurezza

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

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

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
Characteristic loads	1.50

Combinazione n° 2 - - SLE Quasi permanente

Condizione	CP
Peso proprio, Peso terreno sulla piastra	1.00
Permanenti torre	1.00
Characteristic loads	0.80

Combinazione n° 3 - - SLE Frequente

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

Combinazione n° 4 - - SLE Rara

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

Impostazioni di analisi

Portanza fondazione superficiale

Metodo calcolo portanza: Hansen

Criterio di media calcolo strato equivalente: Ponderata

Riduzione portanza per effetto eccentricità: Nessuna

Fattore di rigidità della sovrastruttura 0.00

6.6 DETTAGLI CALCOLO CAPACITA' 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
 e_{yk}, e_{yi} 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_γN_γ 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	e _{yk} e _{yi}	r _γ
1	0.901	1.056	1.000	1.000	--	--	--	0.743
	0.908	1.043	1.000	1.000	--	--	--	
	0.874	1.000	1.000	1.000	--	--	--	

7 PRINCIPALI VERIFICHE

7.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

CONDIZIONI DRENATE

Carico limite

Simbologia adottata

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

Ic	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
1	46969,55	0,00	794857,63	0,00	345590,28	0,00	7.358

Coefficienti di capacità portante e caratteristiche terreno di progetto

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
Nc, Nq, N _γ	coeff. di capacità portante
N'c, N'q, N'γ	coeff. di capacità portante corretti (fattori di forma, di affondamento, ecc.)
Parametri strato equivalente terreno di progetto	
H	Altezza cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso nell'unità di volume, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito, espresso in [°]
c	Coesione, espressa in [N/mmq]

Ic	Nc	N'c	Nq	N'q	N _γ	N'γ	H [m]	γ [kN/mc]	φ [°]	c [N/mmq]
1	23.73	22.58	13.03	12.34	9.15	5.94	17,30	18,1376	26.881	0,0000

CONDIZIONI NON DRENATE

Carico limite

Ic	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
1	46969,55	0,00	176439,64	0,00	76712,89	0,00	1.633

Coefficienti di capacità portante e caratteristiche terreno di progetto

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
Nc, Nq, N _γ	coeff. di capacità portante
N'c, N'q, N'γ	coeff. di capacità portante corretti (fattori di forma, di affondamento, ecc.)
Parametri strato equivalente terreno di progetto	
H	Altezza cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso nell'unità di volume, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito, espresso in [°]
c	Coesione, espressa in [N/mmq]

Ic	Nc	N'c	Nq	N'q	N _γ	N'γ	H [m]	γ [kN/mc]	φ [°]	c [N/mmq]
1	5.14	0.00	1.00	0.00	-0.00	-0.00	10,63	17,8471	0.000	0,0659

7.2 VERIFICHE STRUTTURALI

Spostamenti

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
w	Spostamento verticale, espresso in [mm]
u	Spostamento direzione X, espresso in [mm]
v	Spostamento direzione Y, espresso in [mm]
ϕ_x	Rotazione intorno all'asse X, espressa in [°]
ϕ_y	Rotazione intorno all'asse Y, espressa in [°]
p	Pressione sul terreno (solo per calcolo fondazione), espressa in [N/mm ²]
kw	Costante di Winkler (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm ² /cm]. Il valore viene stampato solo se si è utilizzato il modello di interazione
Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi	

Ic	w [mm]	u [mm]	v [mm]	ϕ_x [°]	ϕ_y [°]	p [N/mm ²]	
1	5,44857 (123)	0,02397 (648)	0,24645 (112)	0,000361 (6)	0,000754 (331)	0,6639532 (298)	MAX
	-3,26748 (626)	-0,02397 (158)	0,19992 (620)	-0,000363 (479)	-0,000470 (107)	0,0017105 (166)	MIN
2	3,47447 (123)	0,01278 (648)	0,13144 (112)	0,000235 (11)	0,000338 (331)	0,4566036 (298)	MAX
	0,25838 (626)	-0,01278 (158)	0,10662 (620)	-0,000236 (522)	-0,000298 (107)	0,0046726 (596)	MIN
3	3,66203 (123)	0,01438 (648)	0,14787 (112)	0,000249 (11)	0,000381 (331)	0,4794601 (298)	MAX
	0,08393 (596)	-0,01438 (158)	0,11995 (620)	-0,000250 (522)	-0,000317 (107)	0,0073770 (530)	MIN
4	3,86374 (123)	0,01598 (648)	0,16430 (112)	0,000263 (6)	0,000438 (331)	0,5005903 (298)	MAX
	-0,51417 (626)	-0,01598 (158)	0,13328 (620)	-0,000264 (479)	-0,000336 (107)	0,0141643 (487)	MIN

Sollecitazioni

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/mm ²]
Ny	Tensione normale Y espressa in [N/mm ²]
Nxy	Tensione tangenziale XY espressa in [N/mm ²]
Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi	

Ic	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	Nx [N/mm ²]	Ny [N/mm ²]	Nxy [N/mm ²]	
1	8785,45 (198)	14816,93 (217)	2571,36 (410)	5322,47 (355)	5322,47 (355)	0,018 (171)	0,038 (318)	0,021 (444)	MAX
	-5914,29 (397)	-8976,36 (413)	-2557,76 (172)	-4816,42 (176)	-4816,42 (176)	-0,018 (297)	-0,037 (169)	-0,033 (191)	MIN
2	5288,31 (198)	7912,95 (217)	1274,76 (410)	2754,51 (355)	2754,51 (355)	0,009 (171)	0,020 (318)	0,011 (444)	MAX
	-2339,55 (397)	-4987,78 (413)	-1270,84 (172)	-2615,47 (176)	-2615,47 (176)	-0,010 (297)	-0,020 (169)	-0,017 (191)	MIN
3	5765,69 (198)	8733,30 (217)	1438,71 (410)	3089,86 (355)	3089,86 (355)	0,011 (171)	0,023 (318)	0,013 (444)	MAX
	-2827,06 (397)	-5739,33 (413)	-1433,97 (172)	-2897,16 (176)	-2897,16 (176)	-0,011 (297)	-0,022 (169)	-0,020 (191)	MIN
4	6208,69 (198)	9655,53 (217)	1635,90 (410)	3464,81 (355)	3464,81 (355)	0,012 (171)	0,025 (318)	0,014 (444)	MAX
	-3422,43 (397)	-6293,02 (413)	-1629,26 (172)	-3196,75 (176)	-3196,75 (176)	-0,012 (297)	-0,025 (169)	-0,022 (191)	MIN

Verifiche strutturali

Verifica flessione piastra

Simbologia adottata

Is	Identificativo tratto-sezione-direzione (P: direzione principale, S: direzione secondaria)
A _{fi}	Area di armatura lembo inferiore espressa in [mm ²]
A _{fs}	Area di armatura lembo superiore espressa in [mm ²]
M _p	Momento positivo espresso in [kNm]
N _p	Sforzo positivo negativo espresso in [kN]
M _n	Momento negativo espresso in [kNm]
N _n	Sforzo normale negativo espresso in [kN]
M _u	Momento ultimo espresso in [kNm]
N _u	Sforzo normale ultimo espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

Is	Afi [mm ²]	Afs [mm ²]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1-10-P	24932	12868	18,07	11,03	-0,50	11,03	6979,94	4259,13	386.170
2-19-P	32170	19302	44,80	15,01	-2,07	15,01	11117,40	3724,37	248.137
3-24-P	32170	16085	109,02	18,39	-0,26	3,74	14331,93	2417,70	131.461
4-35-P	32170	17693	301,64	23,26	0,00	0,00	18863,90	1454,85	62.537
5-37-P	32170	18498	588,11	24,18	0,00	0,00	20413,36	839,44	34.710
6-41-P	32170	16085	1012,52	25,48	0,00	0,00	22651,81	570,07	22.372
7-42-P	32170	19302	1734,12	27,72	0,00	0,00	27148,62	433,92	15.656

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
8-47-P	32170	20106	2672,01	21,84	0,00	0,00	28697,05	234,53	10.740
9-47-P	32170	16085	3786,81	10,20	0,00	0,00	30896,63	83,18	8.159
10-52-P	32170	28149	4695,26	6,90	0,00	0,00	40181,75	59,03	8.558
11-40-P	32170	32170	3034,87	14,07	0,00	0,00	43291,02	200,66	14.265
12-66-P	32170	16085	685,34	-0,15	-867,71	-0,15	-13605,04	-2,35	15.679
13-36-P	32170	16085	612,78	-15,87	-1921,70	-15,87	-15586,04	-128,71	8.111
14-50-P	32170	16085	0,00	0,00	-4160,07	-8,21	-21562,23	-42,54	5.183
15-47-P	32170	22519	0,00	0,00	-6348,70	-9,69	-30128,32	-45,99	4.746
16-47-P	32170	16085	0,00	0,00	-4586,82	-10,20	-15701,67	-34,91	3.423
17-47-P	32170	20106	0,00	0,00	-3288,94	-21,86	-17915,86	-119,06	5.447
18-42-P	32170	19302	0,00	0,00	-2369,17	-27,71	-16108,90	-188,39	6.799
19-41-P	32170	16085	0,00	0,00	-1643,92	-25,48	-11311,56	-175,35	6.881
20-38-P	32170	17693	0,00	0,00	-1117,06	-24,14	-11008,44	-237,90	9.855
21-35-P	32170	17693	0,00	0,00	-705,61	-23,27	-10015,87	-330,28	14.195
22-35-P	32170	16085	0,00	0,00	-393,42	-18,75	-7001,36	-333,73	17.796
23-27-P	32170	16085	0,00	0,00	-209,71	-16,61	-5695,66	-451,06	27.159
24-20-P	31366	16085	0,00	-3,01	-104,03	-14,88	-4776,34	-683,27	45.914
25-27-S	10468	10468	48,18	-1,44	-16,38	-1,44	3239,25	-96,85	67.236
26-27-S	12315	12315	119,16	0,00	-26,31	0,00	4506,36	-0,17	37.819
27-24-S	12315	12315	250,30	0,62	-21,77	0,62	5489,74	13,50	21.932
28-30-S	12315	14162	482,08	-0,87	-46,11	-0,87	6784,07	-12,30	14.072
29-29-S	12315	12931	726,82	-3,26	-28,24	-3,26	7088,49	-31,76	9.753
30-35-S	12315	12315	1237,65	-5,83	-72,78	-5,83	8696,19	-41,00	7.026
31-36-S	12315	17241	1961,59	-14,05	-50,35	-14,05	9671,03	-69,26	4.930
32-36-S	12315	12315	2898,52	-26,02	-6,39	-19,69	10260,41	-92,10	3.540
33-35-S	12315	18473	4238,48	-47,65	0,00	0,00	10912,29	-122,67	2.575
34-38-S	12315	12315	6956,86	-81,43	0,00	0,00	11814,01	-138,29	1.698
35-37-S	12315	14778	9471,66	-88,14	0,00	0,00	12705,21	-118,23	1.341
36-36-S	12315	12315	10965,33	-76,34	0,00	0,00	11881,49	-82,72	1.084
37-36-S	12315	12315	10873,67	-66,45	0,00	0,00	11893,68	-72,68	1.094
38-37-S	12315	14778	9555,11	-63,71	0,00	0,00	12748,61	-85,00	1.334
39-38-S	12315	12315	6944,92	-54,27	0,00	0,00	11869,31	-92,75	1.709
40-35-S	12315	18473	4241,69	-31,34	0,00	0,00	10959,34	-80,98	2.584
41-36-S	12315	12315	2906,76	-15,62	-6,34	-11,75	10299,08	-55,33	3.543
42-36-S	12315	17241	1976,73	-7,57	-48,60	-7,57	9703,01	-37,14	4.909
43-36-S	12315	12315	1200,59	-1,92	-81,27	-1,92	8396,16	-13,46	6.993
44-33-S	12315	15394	716,90	-0,39	-61,17	-0,39	7120,96	-3,83	9.933
45-30-S	12315	14162	447,65	0,46	-41,19	0,46	6797,33	6,93	15.185
46-29-S	12315	12315	253,24	0,61	-38,71	0,61	5489,61	13,27	21.678
47-27-S	12315	12315	120,88	0,00	-25,43	0,00	4506,50	0,13	37.280
48-27-S	10468	10468	48,31	-1,58	-16,38	-1,58	3235,82	-105,65	66.979

Verifica a punzonamento*Verifica a punzonamento***Piastra****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,f	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	17,82; 15,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,81; 15,26	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,80; 15,39	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,78; 15,52	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,75; 15,65	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,72; 15,77	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,68; 15,90	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]	py [%]	pz [%]	dpc [mm]	duc [mm]	nsc	nc
Piastra n° 1	17,63; 16,02	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,58; 16,14	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,53; 16,26	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,47; 16,37	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,40; 16,49	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,33; 16,60	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,25; 16,70	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,17; 16,80	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,09; 16,90	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,00; 17,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,90; 17,09	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,80; 17,17	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,70; 17,25	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,60; 17,33	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,49; 17,40	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,37; 17,47	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,26; 17,53	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,14; 17,58	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,02; 17,63	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,90; 17,68	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,77; 17,72	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,65; 17,75	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,52; 17,78	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,39; 17,80	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,26; 17,81	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,13; 17,82	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,00; 17,82	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,87; 17,82	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,74; 17,81	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,61; 17,80	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,48; 17,78	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,35; 17,75	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,23; 17,72	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,10; 17,68	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,98; 17,63	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,86; 17,58	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,74; 17,53	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,63; 17,47	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,51; 17,40	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,40; 17,33	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,30; 17,25	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,20; 17,17	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,10; 17,09	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,00; 17,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,91; 16,90	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,83; 16,80	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,75; 16,70	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,67; 16,60	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,60; 16,49	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,53; 16,37	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,47; 16,26	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,42; 16,14	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,37; 16,02	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,32; 15,90	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,28; 15,77	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,25; 15,65	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,22; 15,52	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,20; 15,39	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,19; 15,26	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,18; 15,13	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,18; 15,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,18; 14,87	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,19; 14,74	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,20; 14,61	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,22; 14,48	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,25; 14,35	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,28; 14,23	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,32; 14,10	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,37; 13,98	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,42; 13,86	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,47; 13,74	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,53; 13,63	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,60; 13,51	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,67; 13,40	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,75; 13,30	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,83; 13,20	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,91; 13,10	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,00; 13,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,10; 12,91	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,20; 12,83	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,30; 12,75	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,40; 12,67	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,51; 12,60	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,63; 12,53	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]	py [%]	pz [%]	dpc [mm]	duc [mm]	nsc	nc
Piastra n° 1	13,74; 12,47	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,86; 12,42	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,98; 12,37	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,10; 12,32	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,23; 12,28	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,35; 12,25	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,48; 12,22	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,61; 12,20	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,74; 12,19	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,87; 12,18	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,00; 12,18	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,13; 12,18	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,26; 12,19	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,39; 12,20	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,52; 12,22	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,65; 12,25	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,77; 12,28	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,90; 12,32	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,02; 12,37	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,14; 12,42	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,26; 12,47	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,37; 12,53	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,49; 12,60	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,60; 12,67	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,70; 12,75	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,80; 12,83	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,90; 12,91	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,00; 13,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,09; 13,10	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,17; 13,20	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,25; 13,30	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,33; 13,40	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,40; 13,51	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,47; 13,63	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,53; 13,74	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,58; 13,86	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,63; 13,98	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,68; 14,10	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,72; 14,23	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,75; 14,35	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,78; 14,48	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,80; 14,61	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,81; 14,74	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0

Combinazione n° 1

OP	P	Ved,i [N/mm²]	Vrd,max [N/mm²]	Ved,f [N/mm²]	Vrd,cf [N/mm²]	Vrd,cs [N/mm²]	FS
Piastra n° 1	17,82; 15,00	3,349	5,291	0,090	0,295	0,000	1.580
Piastra n° 1	17,81; 15,26	3,262	5,291	0,088	0,295	0,000	1.622
Piastra n° 1	17,80; 15,39	3,218	5,291	0,086	0,295	0,000	1.644
Piastra n° 1	17,78; 15,52	3,175	5,291	0,085	0,295	0,000	1.666
Piastra n° 1	17,75; 15,65	3,133	5,291	0,084	0,295	0,000	1.689
Piastra n° 1	17,72; 15,77	3,091	5,291	0,083	0,295	0,000	1.712
Piastra n° 1	17,68; 15,90	3,049	5,291	0,082	0,295	0,000	1.735
Piastra n° 1	17,63; 16,02	3,008	5,291	0,081	0,295	0,000	1.759
Piastra n° 1	17,58; 16,14	2,968	5,291	0,080	0,295	0,000	1.783
Piastra n° 1	17,53; 16,26	2,928	5,291	0,079	0,295	0,000	1.807
Piastra n° 1	17,47; 16,37	2,890	5,291	0,078	0,295	0,000	1.831
Piastra n° 1	17,40; 16,49	2,852	5,291	0,077	0,295	0,000	1.855
Piastra n° 1	17,33; 16,60	2,816	5,291	0,076	0,295	0,000	1.879
Piastra n° 1	17,25; 16,70	2,780	5,291	0,075	0,295	0,000	1.903
Piastra n° 1	17,17; 16,80	2,746	5,291	0,074	0,295	0,000	1.927
Piastra n° 1	17,09; 16,90	2,714	5,291	0,073	0,295	0,000	1.950
Piastra n° 1	17,00; 17,00	2,682	5,291	0,072	0,295	0,000	1.973
Piastra n° 1	16,90; 17,09	2,652	5,291	0,071	0,295	0,000	1.995
Piastra n° 1	16,80; 17,17	2,623	5,291	0,070	0,295	0,000	2.017
Piastra n° 1	16,70; 17,25	2,596	5,291	0,070	0,295	0,000	2.038
Piastra n° 1	16,60; 17,33	2,571	5,291	0,069	0,295	0,000	2.058
Piastra n° 1	16,49; 17,40	2,547	5,291	0,068	0,295	0,000	2.077
Piastra n° 1	16,37; 17,47	2,525	5,291	0,068	0,295	0,000	2.095
Piastra n° 1	16,26; 17,53	2,505	5,291	0,067	0,295	0,000	2.112
Piastra n° 1	16,14; 17,58	2,486	5,291	0,067	0,295	0,000	2.128
Piastra n° 1	16,02; 17,63	2,470	5,291	0,066	0,295	0,000	2.143
Piastra n° 1	15,90; 17,68	2,455	5,291	0,066	0,295	0,000	2.155
Piastra n° 1	15,77; 17,72	2,442	5,291	0,066	0,295	0,000	2.167
Piastra n° 1	15,65; 17,75	2,431	5,291	0,065	0,295	0,000	2.177
Piastra n° 1	15,52; 17,78	2,422	5,291	0,065	0,295	0,000	2.185
Piastra n° 1	15,39; 17,80	2,415	5,291	0,065	0,295	0,000	2.191
Piastra n° 1	15,26; 17,81	2,410	5,291	0,065	0,295	0,000	2.196
Piastra n° 1	15,13; 17,82	2,407	5,291	0,065	0,295	0,000	2.198
Piastra n° 1	15,00; 17,82	2,406	5,291	0,065	0,295	0,000	2.199
Piastra n° 1	14,87; 17,82	2,407	5,291	0,065	0,295	0,000	2.198

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	14,74; 17,81	2,410	5,291	0,065	0,295	0,000	2.196
Piastra n° 1	14,61; 17,80	2,415	5,291	0,065	0,295	0,000	2.191
Piastra n° 1	14,48; 17,78	2,422	5,291	0,065	0,295	0,000	2.185
Piastra n° 1	14,35; 17,75	2,431	5,291	0,065	0,295	0,000	2.177
Piastra n° 1	14,23; 17,72	2,442	5,291	0,066	0,295	0,000	2.167
Piastra n° 1	14,10; 17,68	2,455	5,291	0,066	0,295	0,000	2.155
Piastra n° 1	13,98; 17,63	2,470	5,291	0,066	0,295	0,000	2.143
Piastra n° 1	13,86; 17,58	2,486	5,291	0,067	0,295	0,000	2.128
Piastra n° 1	13,74; 17,53	2,505	5,291	0,067	0,295	0,000	2.112
Piastra n° 1	13,63; 17,47	2,525	5,291	0,068	0,295	0,000	2.095
Piastra n° 1	13,51; 17,40	2,547	5,291	0,068	0,295	0,000	2.077
Piastra n° 1	13,40; 17,33	2,571	5,291	0,069	0,295	0,000	2.058
Piastra n° 1	13,30; 17,25	2,596	5,291	0,070	0,295	0,000	2.038
Piastra n° 1	13,20; 17,17	2,623	5,291	0,070	0,295	0,000	2.017
Piastra n° 1	13,10; 17,09	2,652	5,291	0,071	0,295	0,000	1.995
Piastra n° 1	13,00; 17,00	2,682	5,291	0,072	0,295	0,000	1.973
Piastra n° 1	12,91; 16,90	2,714	5,291	0,073	0,295	0,000	1.950
Piastra n° 1	12,83; 16,80	2,746	5,291	0,074	0,295	0,000	1.927
Piastra n° 1	12,75; 16,70	2,780	5,291	0,075	0,295	0,000	1.903
Piastra n° 1	12,67; 16,60	2,816	5,291	0,076	0,295	0,000	1.879
Piastra n° 1	12,60; 16,49	2,852	5,291	0,077	0,295	0,000	1.855
Piastra n° 1	12,53; 16,37	2,890	5,291	0,078	0,295	0,000	1.831
Piastra n° 1	12,47; 16,26	2,928	5,291	0,079	0,295	0,000	1.807
Piastra n° 1	12,42; 16,14	2,968	5,291	0,080	0,295	0,000	1.783
Piastra n° 1	12,37; 16,02	3,008	5,291	0,081	0,295	0,000	1.759
Piastra n° 1	12,32; 15,90	3,049	5,291	0,082	0,295	0,000	1.735
Piastra n° 1	12,28; 15,77	3,091	5,291	0,083	0,295	0,000	1.712
Piastra n° 1	12,25; 15,65	3,133	5,291	0,084	0,295	0,000	1.689
Piastra n° 1	12,22; 15,52	3,175	5,291	0,085	0,295	0,000	1.666
Piastra n° 1	12,20; 15,39	3,218	5,291	0,086	0,295	0,000	1.644
Piastra n° 1	12,19; 15,26	3,262	5,291	0,088	0,295	0,000	1.622
Piastra n° 1	12,18; 15,13	3,305	5,291	0,089	0,295	0,000	1.601
Piastra n° 1	12,18; 15,00	3,349	5,291	0,090	0,295	0,000	1.580
Piastra n° 1	12,18; 14,87	3,392	5,291	0,091	0,295	0,000	1.560
Piastra n° 1	12,19; 14,74	3,436	5,291	0,092	0,295	0,000	1.540
Piastra n° 1	12,20; 14,61	3,479	5,291	0,093	0,295	0,000	1.521
Piastra n° 1	12,22; 14,48	3,522	5,291	0,095	0,295	0,000	1.502
Piastra n° 1	12,25; 14,35	3,564	5,291	0,096	0,295	0,000	1.484
Piastra n° 1	12,28; 14,23	3,607	5,291	0,097	0,295	0,000	1.467
Piastra n° 1	12,32; 14,10	3,648	5,291	0,098	0,295	0,000	1.450
Piastra n° 1	12,37; 13,98	3,689	5,291	0,099	0,295	0,000	1.434
Piastra n° 1	12,42; 13,86	3,729	5,291	0,100	0,295	0,000	1.419
Piastra n° 1	12,47; 13,74	3,769	5,291	0,101	0,295	0,000	1.404
Piastra n° 1	12,53; 13,63	3,807	5,291	0,102	0,295	0,000	1.390
Piastra n° 1	12,60; 13,51	3,845	5,291	0,103	0,295	0,000	1.376
Piastra n° 1	12,67; 13,40	3,881	5,291	0,104	0,295	0,000	1.363
Piastra n° 1	12,75; 13,30	3,917	5,291	0,105	0,295	0,000	1.351
Piastra n° 1	12,83; 13,20	3,951	5,291	0,106	0,295	0,000	1.339
Piastra n° 1	12,91; 13,10	3,984	5,291	0,107	0,295	0,000	1.328
Piastra n° 1	13,00; 13,00	4,015	5,291	0,108	0,295	0,000	1.318
Piastra n° 1	13,10; 12,91	4,045	5,291	0,109	0,295	0,000	1.308
Piastra n° 1	13,20; 12,83	4,074	5,291	0,109	0,295	0,000	1.299
Piastra n° 1	13,30; 12,75	4,101	5,291	0,110	0,295	0,000	1.290
Piastra n° 1	13,40; 12,67	4,126	5,291	0,111	0,295	0,000	1.282
Piastra n° 1	13,51; 12,60	4,150	5,291	0,112	0,295	0,000	1.275
Piastra n° 1	13,63; 12,53	4,172	5,291	0,112	0,295	0,000	1.268
Piastra n° 1	13,74; 12,47	4,192	5,291	0,113	0,295	0,000	1.262
Piastra n° 1	13,86; 12,42	4,211	5,291	0,113	0,295	0,000	1.257
Piastra n° 1	13,98; 12,37	4,228	5,291	0,114	0,295	0,000	1.252
Piastra n° 1	14,10; 12,32	4,242	5,291	0,114	0,295	0,000	1.247
Piastra n° 1	14,23; 12,28	4,255	5,291	0,114	0,295	0,000	1.243
Piastra n° 1	14,35; 12,25	4,266	5,291	0,115	0,295	0,000	1.240
Piastra n° 1	14,48; 12,22	4,275	5,291	0,115	0,295	0,000	1.238
Piastra n° 1	14,61; 12,20	4,282	5,291	0,115	0,295	0,000	1.236
Piastra n° 1	14,74; 12,19	4,287	5,291	0,115	0,295	0,000	1.234
Piastra n° 1	14,87; 12,18	4,290	5,291	0,115	0,295	0,000	1.233
Piastra n° 1	15,00; 12,18	4,291	5,291	0,115	0,295	0,000	1.233
Piastra n° 1	15,13; 12,18	4,290	5,291	0,115	0,295	0,000	1.233
Piastra n° 1	15,26; 12,19	4,287	5,291	0,115	0,295	0,000	1.234
Piastra n° 1	15,39; 12,20	4,282	5,291	0,115	0,295	0,000	1.236
Piastra n° 1	15,52; 12,22	4,275	5,291	0,115	0,295	0,000	1.238
Piastra n° 1	15,65; 12,25	4,266	5,291	0,115	0,295	0,000	1.240
Piastra n° 1	15,77; 12,28	4,255	5,291	0,114	0,295	0,000	1.243
Piastra n° 1	15,90; 12,32	4,242	5,291	0,114	0,295	0,000	1.247
Piastra n° 1	16,02; 12,37	4,228	5,291	0,114	0,295	0,000	1.252
Piastra n° 1	16,14; 12,42	4,211	5,291	0,113	0,295	0,000	1.257
Piastra n° 1	16,26; 12,47	4,192	5,291	0,113	0,295	0,000	1.262
Piastra n° 1	16,37; 12,53	4,172	5,291	0,112	0,295	0,000	1.268
Piastra n° 1	16,49; 12,60	4,150	5,291	0,112	0,295	0,000	1.275
Piastra n° 1	16,60; 12,67	4,126	5,291	0,111	0,295	0,000	1.282
Piastra n° 1	16,70; 12,75	4,101	5,291	0,110	0,295	0,000	1.290
Piastra n° 1	16,80; 12,83	4,074	5,291	0,109	0,295	0,000	1.299
Piastra n° 1	16,90; 12,91	4,045	5,291	0,109	0,295	0,000	1.308
Piastra n° 1	17,00; 13,00	4,015	5,291	0,108	0,295	0,000	1.318

OP	P	$V_{ed,i}$ [N/mm ²]	$V_{rd,max}$ [N/mm ²]	$V_{ed,t}$ [N/mm ²]	$V_{rd,cf}$ [N/mm ²]	$V_{rd,cs}$ [N/mm ²]	FS
Piastra n° 1	17,09; 13,10	3,984	5,291	0,107	0,295	0,000	1.328
Piastra n° 1	17,17; 13,20	3,951	5,291	0,106	0,295	0,000	1.339
Piastra n° 1	17,25; 13,30	3,917	5,291	0,105	0,295	0,000	1.351
Piastra n° 1	17,33; 13,40	3,881	5,291	0,104	0,295	0,000	1.363
Piastra n° 1	17,40; 13,51	3,845	5,291	0,103	0,295	0,000	1.376
Piastra n° 1	17,47; 13,63	3,807	5,291	0,102	0,295	0,000	1.390
Piastra n° 1	17,53; 13,74	3,769	5,291	0,101	0,295	0,000	1.404
Piastra n° 1	17,58; 13,86	3,729	5,291	0,100	0,295	0,000	1.419
Piastra n° 1	17,63; 13,98	3,689	5,291	0,099	0,295	0,000	1.434
Piastra n° 1	17,68; 14,10	3,648	5,291	0,098	0,295	0,000	1.450
Piastra n° 1	17,72; 14,23	3,607	5,291	0,097	0,295	0,000	1.467
Piastra n° 1	17,75; 14,35	3,564	5,291	0,096	0,295	0,000	1.484
Piastra n° 1	17,78; 14,48	3,522	5,291	0,095	0,295	0,000	1.502
Piastra n° 1	17,80; 14,61	3,479	5,291	0,093	0,295	0,000	1.521
Piastra n° 1	17,81; 14,74	3,436	5,291	0,092	0,295	0,000	1.540

Armature

Direzione principale armature	0,00 [°]
Direzione secondaria armature	-90,00 [°]
Numero tratti complessivi	48
Ampiezza singolo tratto	1,00 [m]
Distanza fra le sezioni di calcolo del singolo tratto	0,25 [m]
Maglia superiore	(20 ϕ 32) x (20 ϕ 28)
Maglia inferiore	(40 ϕ 32) x (20 ϕ 28)

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. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

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: 7388 kN

Peso proprio fondazione: 18922 kN

Peso terreno rinterro: 10169 kN

$M_{RIB}=1,5 (167631+1192 \cdot 3,35)=257436,30$ kNm (momento ribaltante)

$M_{STAB}=0,9 (7388+18922+10169) \cdot 24,00/2=393973,20$ kNm (momento stabilizzante)

$FS= M_{STAB} / M_{RIB}= 1.53$

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 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)
A _{fi}	Area di armatura lembo inferiore espressa in [mmq]
A _{fs}	Area di armatura lembo superiore espressa in [mmq]
M _p	Momento positivo espresso in [kNm]
N _p	Sforzo positivo negativo espresso in [kN]
M _n	Momento negativo espresso in [kNm]
N _n	Sforzo normale negativo espresso in [kN]
σ _c	Tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ _{fi}	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore espressa in [N/mmq]
σ _{fs}	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore espressa in [N/mmq]

Combinazione n° 2

Is	A _{fi} [mmq]	A _{fs} [mmq]	M _p [kNm]	N _p [kN]	M _n [kNm]	N _n [kN]	σ _c [N/mmq]	σ _{fi} [N/mmq]	σ _{fs} [N/mmq]
1-10-P	24932	12868	9,60	-0,22	5,88	5,88	0,043	0,417	0,589
2-19-P	32170	19302	24,27	-1,21	8,00	8,00	0,067	0,816	0,901
2-16-P	32170	18498	18,45	-1,86	7,73	7,73	0,053	0,602	0,717
3-32-P	32170	16085	54,87	0,00	10,16	10,16	0,108	1,481	1,495
3-16-P	32170	23323	16,75	-6,72	7,66	7,66	0,036	0,445	0,495
4-35-P	32170	17693	150,96	-0,01	12,41	2,52	0,192	3,248	2,686
4-31-P	32170	19302	123,24	-0,38	12,17	4,94	0,153	2,611	2,137
5-38-P	32170	17693	288,60	0,00	12,87	0,00	0,319	5,804	4,471
5-30-P	32170	19302	172,10	0,00	11,89	0,00	0,198	3,544	2,770
6-41-P	32170	16085	514,14	0,00	13,59	0,00	0,490	9,325	6,906
7-42-P	32170	19302	903,76	0,00	14,78	0,00	0,631	13,765	8,942
8-47-P	32170	20106	1418,66	0,00	11,65	0,00	0,891	20,423	12,643
8-9-P	32170	32170	1,13	-15,52	1,45	1,45	0,021	0,291	0,419
9-48-P	32170	16085	2115,13	0,00	4,40	0,00	1,246	28,408	17,770
9-17-P	32170	29757	11,69	-46,57	1,97	1,97	0,046	0,626	1,068
9-19-P	32170	16085	15,40	-41,43	2,49	2,49	0,046	0,612	1,701
10-54-P	32170	24127	2475,59	0,00	3,75	0,00	0,997	27,308	14,261
10-48-P	32170	22519	2944,96	0,00	4,82	0,00	0,990	28,346	14,239
11-43-P	32170	16889	1892,19	0,00	4,71	0,00	0,685	18,402	9,872
11-40-P	32170	32170	1968,87	0,00	7,50	0,00	0,591	18,604	8,469
11-18-P	32170	16085	80,12	-82,71	0,68	0,68	0,076	1,471	2,863
12-36-P	32170	16085	789,32	-134,47	8,03	3,04	0,468	10,521	6,671
12-60-P	32170	16085	788,86	-136,44	3,01	1,18	0,465	10,578	6,636
12-66-P	32170	16085	421,39	-281,81	-0,08	-0,08	0,308	6,563	8,291
13-36-P	32170	16085	459,75	-633,67	-8,46	-8,46	0,341	6,293	16,364
13-34-P	32170	32170	498,89	-533,67	-4,67	-4,67	0,247	6,563	7,017
14-51-P	32170	16085	0,00	-1531,85	0,00	-4,38	0,542	7,600	28,530
14-22-P	32170	32170	221,47	-136,44	-1,32	-1,32	0,158	3,967	2,451
14-30-P	32170	16085	256,04	-337,00	-4,03	-4,03	0,220	4,038	10,028
15-47-P	32170	22519	0,00	-2678,21	0,00	-5,17	0,871	12,370	35,954
15-42-P	32170	27344	0,00	-2380,90	0,00	-12,00	0,841	11,953	29,254
15-30-P	32170	22519	47,91	-234,18	-3,49	-6,10	0,141	1,951	5,092
16-47-P	32170	16085	0,00	-2013,33	0,00	-5,44	1,091	15,042	51,380
16-13-P	32170	20106	101,75	-8,24	-1,14	-1,14	0,158	2,798	2,159
16-30-P	32170	31366	0,00	-299,37	0,00	-8,04	0,168	2,354	4,730
17-47-P	32170	20106	0,00	-1431,60	0,00	-11,66	0,823	11,401	32,178
17-11-P	32170	29757	80,46	-1,71	-1,65	-1,65	0,111	2,305	1,501
17-27-P	32170	16889	0,00	-181,30	0,00	-7,10	0,145	1,951	6,221
18-42-P	32170	19302	0,00	-993,41	0,00	-14,78	0,623	8,571	24,825
18-13-P	32170	19302	74,76	-0,37	-2,73	-2,73	0,127	2,205	1,726
18-26-P	32170	30561	0,00	-186,18	0,00	-8,66	0,131	1,817	3,612
19-41-P	32170	16085	0,00	-653,22	0,00	-13,59	0,533	7,168	23,160
19-8-P	32170	20910	54,86	-0,35	-2,34	-2,34	0,131	2,101	1,738
19-24-P	32170	16889	0,00	-133,14	0,00	-7,89	0,139	1,830	5,649

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
20-38-P	32170	17693	0,00	-416,65	0,00	-12,87	0,388	5,190	15,226
20-8-P	32170	17693	43,11	-1,46	-2,97	-2,97	0,124	1,817	1,637
20-23-P	32170	24932	0,00	-116,67	0,00	-9,25	0,111	1,502	3,429
21-35-P	32170	17693	0,00	-240,24	0,00	-12,41	0,249	3,295	9,691
21-20-P	32170	17693	0,00	-60,00	0,00	-7,95	0,085	1,088	3,240
22-34-P	32170	16085	0,00	-113,48	0,00	-10,08	0,167	2,125	6,583
22-18-P	32170	22519	1,55	-39,97	-3,13	-8,43	0,057	0,734	1,869
23-27-P	32170	16085	0,00	-49,80	-3,12	-8,86	0,093	1,137	3,616
23-16-P	32170	18498	3,36	-24,76	-7,73	-7,73	0,048	0,579	1,765
23-20-P	32170	19302	0,76	-37,23	-6,61	-8,64	0,066	0,817	2,309
24-19-P	31366	16085	0,01	-19,63	-7,95	-7,95	0,043	0,505	1,782
25-8-S	8005	8005	6,45	-0,22	0,92	0,92	0,042	0,993	0,538
25-37-S	2463	2463	0,20	-1,89	-0,40	-0,40	0,037	0,465	1,065
26-19-S	12315	14778	24,77	-2,13	0,65	0,65	0,085	2,364	1,082
26-18-S	12315	14778	24,07	-1,64	0,76	0,76	0,083	2,292	1,053
26-53-S	1847	1847	0,01	-2,00	-0,33	-0,33	0,053	0,667	1,482
27-24-S	12315	12315	58,71	-6,19	0,33	0,33	0,148	4,342	1,945
27-14-S	12315	18473	27,19	-0,37	0,83	0,83	0,077	2,384	0,970
27-40-S	12315	12315	21,30	-32,06	-0,33	-0,33	0,080	1,592	2,389
28-30-S	12315	14162	116,00	-17,54	-0,47	-0,47	0,205	6,942	2,739
28-24-S	12315	17241	93,66	-4,33	-0,35	-0,35	0,177	6,151	2,321
28-53-S	12315	12315	3,72	-55,06	0,21	0,21	0,139	1,823	4,076
29-29-S	12315	12931	205,78	-10,55	-1,74	-1,74	0,351	11,825	4,710
29-11-S	12315	22783	26,62	-2,49	-0,73	-0,73	0,055	2,082	0,703
29-50-S	12315	12315	31,54	-153,41	1,91	1,91	0,268	3,605	8,717
30-35-S	12315	12315	386,55	-32,28	-3,11	-3,11	0,499	18,132	6,796
30-27-S	12315	19088	306,79	-0,87	-4,97	-4,97	0,378	15,407	5,058
30-61-S	12315	12315	1,89	-241,54	4,26	4,26	0,423	5,689	13,679
31-31-S	12315	12931	597,57	-0,22	-7,84	-2,71	0,758	28,094	10,318
31-36-S	12315	17241	694,45	-18,78	-7,49	-7,49	0,690	29,081	9,406
31-58-S	12315	12315	4,79	-511,07	6,15	8,08	0,666	9,095	23,541
32-36-S	12315	12315	1115,13	0,00	-13,88	0,00	1,121	44,324	15,441
32-32-S	12315	21551	966,50	0,00	-14,86	0,00	0,805	37,869	10,946
32-55-S	12315	12315	18,85	-836,15	13,84	13,84	0,853	11,771	32,375
33-33-S	12315	12315	1520,52	0,00	-22,94	0,00	1,527	60,581	21,021
33-35-S	12315	18473	1739,34	0,00	-25,41	0,00	1,412	64,442	19,354
33-60-S	12315	12315	0,00	-1346,20	0,00	22,93	1,373	18,957	52,102
34-38-S	12315	12315	3033,09	0,00	-43,43	0,00	2,464	104,568	34,198
34-35-S	12315	24630	2489,20	0,00	-39,23	0,00	1,606	84,252	21,980
34-57-S	12315	12315	0,00	-2334,00	0,00	43,42	1,930	26,867	77,739
35-36-S	12315	12315	3879,73	0,00	-44,63	0,00	3,157	133,367	43,824
35-37-S	12315	14778	4274,59	0,00	-47,01	0,00	3,000	136,487	41,679
35-60-S	12315	12315	0,00	-3213,14	0,00	44,57	2,651	36,880	107,558
36-36-S	12315	12315	5008,27	0,00	-40,72	0,00	4,083	171,560	56,695
36-32-S	12315	24630	2768,83	0,00	-40,68	0,00	1,788	93,606	24,469
36-60-S	12315	12315	0,00	-4158,04	0,00	40,66	3,423	47,605	139,791
37-36-S	12315	12315	4956,05	0,00	-35,44	0,00	4,043	169,598	56,139
37-32-S	12315	24630	2775,72	0,00	-37,70	0,00	1,794	93,723	24,551
37-60-S	12315	12315	0,00	-4118,91	0,00	35,54	3,388	47,124	138,643
38-36-S	12315	12315	3907,86	0,00	-33,54	0,00	3,185	133,928	44,225
38-37-S	12315	14778	4314,22	0,00	-33,98	0,00	3,033	137,267	42,158
38-60-S	12315	12315	0,00	-3220,10	0,00	33,60	2,652	36,882	108,183
39-38-S	12315	12315	3028,85	0,00	-28,94	0,00	2,467	103,908	34,256
39-35-S	12315	24630	2491,72	0,00	-27,87	0,00	1,613	83,911	22,080
39-57-S	12315	12315	0,00	-2319,54	0,00	28,99	1,912	26,601	77,758
40-33-S	12315	12315	1521,29	0,00	-15,65	0,00	1,531	60,351	21,091
40-35-S	12315	18473	1741,45	0,00	-16,71	0,00	1,417	64,201	19,443
40-60-S	12315	12315	0,00	-1344,98	0,00	15,69	1,368	18,883	52,310
41-36-S	12315	12315	1118,65	0,00	-8,33	0,00	1,128	44,265	15,535
41-32-S	12315	21551	967,10	0,00	-9,44	0,00	0,808	37,691	10,994
41-55-S	12315	12315	19,30	-834,24	8,32	8,32	0,848	11,701	32,496
42-31-S	12315	12931	599,13	-0,15	-4,51	-0,71	0,762	28,048	10,375
42-36-S	12315	17241	699,95	-18,06	-4,04	-4,04	0,698	29,184	9,510
42-58-S	12315	12315	4,89	-511,20	3,52	4,69	0,664	9,067	23,667
43-36-S	12315	12315	376,22	-37,28	-1,03	-1,03	0,514	18,254	6,987
43-27-S	12315	19088	305,88	-0,82	-2,53	-2,53	0,378	15,272	5,065
43-61-S	12315	12315	1,94	-242,01	2,15	2,15	0,422	5,678	13,781
44-28-S	12315	12315	195,24	-8,24	-0,36	-0,36	0,339	11,193	4,559
44-29-S	12315	12931	196,97	-10,78	-0,29	-0,29	0,337	11,269	4,523
44-50-S	12315	12315	31,55	-154,36	0,38	0,38	0,269	3,611	8,825
45-30-S	12315	14162	106,21	-15,70	0,24	0,24	0,188	6,332	2,514
45-24-S	12315	17241	89,61	-4,49	0,63	0,63	0,170	5,850	2,231
45-53-S	12315	12315	3,72	-55,35	-0,74	-0,74	0,139	1,821	4,131
46-24-S	12315	12315	56,85	-6,14	0,81	0,81	0,144	4,186	1,889
46-16-S	12315	16625	29,53	-0,90	1,34	1,34	0,080	2,407	1,025
46-40-S	12315	12315	21,35	-32,08	-0,80	-0,80	0,080	1,612	2,407
47-19-S	12315	14778	24,62	-2,02	0,88	0,88	0,085	2,341	1,079
47-18-S	12315	14778	23,85	-1,58	1,01	1,01	0,083	2,263	1,047
47-53-S	1847	1847	0,01	-2,00	-0,36	-0,36	0,053	0,665	1,491
48-8-S	8005	8005	6,34	-0,21	0,99	0,99	0,042	0,971	0,531
48-37-S	2463	2463	0,20	-1,90	-0,43	-0,43	0,038	0,467	1,077

Combinazione n° 3

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
1-10-P	24932	12868	10,45	-0,27	6,62	6,62	0,048	0,451	0,645
2-19-P	32170	19302	26,33	-1,39	9,01	9,01	0,073	0,881	0,981
2-16-P	32170	18498	20,03	-2,15	8,69	8,69	0,058	0,649	0,782
3-32-P	32170	16085	60,76	0,00	11,43	11,43	0,120	1,638	1,657
3-16-P	32170	23323	18,48	-7,45	8,62	8,62	0,040	0,489	0,547
4-35-P	32170	17693	167,97	0,00	13,96	2,83	0,214	3,612	2,989
4-31-P	32170	19302	137,29	-0,29	13,69	2,80	0,171	2,908	2,382
5-38-P	32170	17693	322,33	0,00	14,48	0,00	0,357	6,481	4,995
5-30-P	32170	19302	192,10	0,00	13,37	0,00	0,221	3,955	3,093
6-41-P	32170	16085	572,79	0,00	15,29	0,00	0,546	10,386	7,695
7-42-P	32170	19302	1003,68	0,00	16,63	0,00	0,701	15,284	9,932
7-35-P	32170	24932	575,94	0,00	14,53	0,00	0,405	9,174	5,702
8-47-P	32170	20106	1572,22	0,00	13,10	0,00	0,987	22,631	14,013
8-9-P	32170	32170	2,15	-17,06	1,63	1,63	0,024	0,320	0,460
9-48-P	32170	16085	2326,04	0,00	4,94	0,00	1,370	31,239	19,543
9-8-P	32170	32170	5,57	-14,35	1,01	1,01	0,020	0,266	0,392
9-19-P	32170	16085	22,42	-48,09	2,80	2,80	0,053	0,709	1,977
10-54-P	32170	24127	2692,27	0,00	4,22	0,00	1,084	29,696	15,510
10-50-P	32170	24127	3145,93	0,00	4,68	0,00	1,077	31,004	15,462
11-43-P	32170	16889	1997,21	0,00	5,30	0,00	0,724	19,419	10,421
11-40-P	32170	32170	2093,56	0,00	8,44	0,00	0,628	19,776	9,007
11-18-P	32170	16085	100,92	-99,70	0,76	0,76	0,095	1,854	3,453
12-36-P	32170	16085	810,30	-194,07	9,04	5,96	0,480	10,791	6,853
12-60-P	32170	16085	809,35	-196,91	3,38	2,27	0,477	10,849	6,810
12-66-P	32170	16085	459,89	-361,63	-0,09	-0,09	0,336	7,163	10,639
13-36-P	32170	16085	457,25	-802,53	-9,52	-9,52	0,432	6,273	20,691
13-34-P	32170	32170	512,28	-669,96	-5,25	-5,25	0,310	6,746	8,800
14-51-P	32170	16085	0,00	-1925,23	0,00	-4,93	0,681	9,554	35,840
14-22-P	32170	32170	237,38	-178,38	-1,49	-1,49	0,169	4,253	3,201
14-29-P	32170	21715	248,93	-391,38	-4,23	-4,23	0,240	3,876	8,692
15-47-P	32170	22519	0,00	-3224,63	0,00	-5,81	1,049	14,895	43,281
15-43-P	32170	28149	0,00	-3011,07	0,00	-11,14	1,017	14,485	34,931
15-25-P	32170	17693	119,68	-174,16	-3,82	-3,82	0,132	2,161	5,414
16-47-P	32170	16085	0,00	-2406,76	0,00	-6,12	1,304	17,984	61,410
16-11-P	32170	24932	96,61	-7,79	-1,12	-1,12	0,147	2,780	1,992
16-26-P	32170	17693	0,00	-179,03	0,00	-5,66	0,136	1,836	5,632
17-47-P	32170	20106	0,00	-1721,46	0,00	-13,11	0,990	13,715	38,673
17-7-P	32170	20910	67,27	-0,79	-1,14	-1,14	0,161	2,554	2,150
17-25-P	32170	27344	0,00	-180,79	0,00	-6,72	0,138	1,898	4,023
18-42-P	32170	19302	0,00	-1210,30	0,00	-16,62	0,759	10,451	30,213
18-35-P	32170	24932	0,00	-800,91	0,00	-14,52	0,518	7,175	16,692
18-23-P	32170	22519	0,00	-148,95	0,00	-6,84	0,147	1,983	4,733
19-41-P	32170	16085	0,00	-812,30	0,00	-15,29	0,664	8,926	28,754
19-22-P	32170	20910	0,00	-141,77	0,00	-8,20	0,141	1,894	4,878
20-38-P	32170	17693	0,00	-532,17	0,00	-14,48	0,496	6,643	19,396
20-31-P	32170	20106	0,00	-411,82	0,00	-14,00	0,373	5,026	13,317
20-20-P	32170	26540	0,00	-113,32	0,00	-8,42	0,122	1,641	3,423
21-35-P	32170	17693	0,00	-318,22	0,00	-13,96	0,331	4,384	12,772
21-16-P	32170	22519	0,00	-52,71	0,00	-7,99	0,071	0,922	2,268
22-34-P	32170	16085	0,00	-162,19	0,00	-11,34	0,240	3,064	9,318
22-10-P	32170	16085	12,69	-15,57	-6,01	-6,01	0,034	0,606	1,405
23-27-P	32170	16085	0,00	-78,86	0,00	-9,96	0,149	1,840	5,606
23-8-P	32170	16085	9,83	-13,22	-6,99	-6,99	0,028	0,502	1,249
23-20-P	32170	19302	0,00	-60,54	0,00	-9,72	0,109	1,369	3,648
24-19-P	31366	16085	0,00	-32,18	-1,81	-8,94	0,073	0,872	2,799
25-37-S	2463	2463	0,30	-2,96	-0,45	-0,45	0,060	0,744	1,638
25-34-S	6158	6158	1,08	-5,37	-0,90	-0,90	0,044	0,552	1,196
26-19-S	12315	14778	29,58	-3,26	0,73	0,73	0,102	2,825	1,292
26-18-S	12315	14778	28,58	-2,57	0,86	0,86	0,099	2,724	1,250
26-53-S	1847	1847	0,02	-3,11	-0,38	-0,38	0,084	1,053	2,273
27-24-S	12315	12315	72,02	-8,33	0,37	0,37	0,182	5,327	2,386
27-14-S	12315	18473	32,57	-0,63	0,93	0,93	0,092	2,858	1,161
27-40-S	12315	12315	28,76	-43,79	-0,37	-0,37	0,110	2,146	3,260
28-30-S	12315	14162	143,50	-22,30	-0,52	-0,52	0,254	8,585	3,388
28-24-S	12315	17241	114,37	-5,81	-0,39	-0,39	0,216	7,510	2,835
28-53-S	12315	12315	5,54	-84,73	0,24	0,24	0,213	2,804	6,274
29-29-S	12315	12931	248,87	-13,67	-1,95	-1,95	0,425	14,296	5,698
29-11-S	12315	22783	31,32	-2,23	-0,82	-0,82	0,065	2,448	0,827
29-50-S	12315	12315	36,59	-200,27	2,14	2,14	0,350	4,703	11,391
30-35-S	12315	12315	461,97	-40,57	-3,50	-3,50	0,596	21,662	8,124
30-27-S	12315	19088	364,79	-1,34	-5,59	-5,59	0,449	18,309	6,017
30-61-S	12315	12315	0,93	-326,40	2,57	4,79	0,571	7,678	18,520
31-31-S	12315	12931	700,92	-0,62	-8,82	-4,79	0,889	32,940	12,106
31-36-S	12315	17241	815,18	-25,54	-8,43	-8,43	0,810	34,124	11,045
31-58-S	12315	12315	1,18	-638,11	3,14	9,09	0,831	11,347	29,428
32-36-S	12315	12315	1291,98	-0,26	-15,61	-2,62	1,299	51,337	17,893
32-32-S	12315	21551	1123,85	0,00	-16,72	0,00	0,936	44,013	12,732
32-64-S	12315	12315	0,00	-870,63	0,00	14,38	1,135	15,499	40,082
33-33-S	12315	12315	1757,21	0,00	-25,80	0,00	1,765	69,986	24,299
33-35-S	12315	18473	2003,80	0,00	-28,59	0,00	1,626	74,215	22,302
33-60-S	12315	12315	0,00	-1619,96	0,00	25,79	1,651	22,798	62,761
34-38-S	12315	12315	3462,73	0,00	-48,86	0,00	2,814	119,355	39,048

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
34-35-S	12315	24630	2855,12	0,00	-44,14	0,00	1,843	96,605	25,216
34-57-S	12315	12315	0,00	-2738,10	0,00	48,85	2,263	31,504	91,272
35-36-S	12315	12315	4421,11	0,00	-50,21	0,00	3,598	151,954	49,944
35-37-S	12315	14778	4861,70	0,00	-52,89	0,00	3,412	155,212	47,408
35-60-S	12315	12315	0,00	-3765,26	0,00	50,14	3,105	43,203	126,114
36-36-S	12315	12315	5692,11	0,00	-45,80	0,00	4,641	194,968	64,440
36-32-S	12315	24630	3176,75	0,00	-45,76	0,00	2,052	107,362	28,080
36-60-S	12315	12315	0,00	-4852,07	0,00	45,74	3,993	55,539	163,184
37-36-S	12315	12315	5634,36	0,00	-39,87	0,00	4,596	192,795	63,826
37-32-S	12315	24630	3183,93	0,00	-42,42	0,00	2,058	107,476	28,167
37-60-S	12315	12315	0,00	-4807,43	0,00	39,99	3,954	54,990	161,871
38-36-S	12315	12315	4452,84	0,00	-37,73	0,00	3,630	152,588	50,396
38-37-S	12315	14778	4906,45	0,00	-38,23	0,00	3,450	156,095	47,948
38-60-S	12315	12315	0,00	-3773,83	0,00	37,80	3,107	43,213	126,842
39-38-S	12315	12315	3457,72	0,00	-32,56	0,00	2,817	118,604	39,110
39-35-S	12315	24630	2857,58	0,00	-31,36	0,00	1,850	96,209	25,326
39-57-S	12315	12315	0,00	-2722,16	0,00	32,61	2,243	31,208	91,305
40-33-S	12315	12315	1757,90	0,00	-17,61	0,00	1,770	69,721	24,375
40-35-S	12315	18473	2006,04	0,00	-18,80	0,00	1,633	73,939	22,400
40-60-S	12315	12315	0,00	-1618,52	0,00	17,65	1,646	22,713	62,992
41-36-S	12315	12315	1295,89	-0,24	-9,37	-1,54	1,306	51,269	17,998
41-32-S	12315	21551	1124,45	0,00	-10,61	0,00	0,939	43,810	12,786
41-64-S	12315	12315	0,00	-871,17	0,00	10,01	1,133	15,470	40,261
42-31-S	12315	12931	702,67	-0,50	-5,07	-1,70	0,894	32,888	12,170
42-36-S	12315	17241	821,38	-24,67	-4,54	-4,54	0,819	34,239	11,161
42-58-S	12315	12315	1,24	-638,25	1,75	5,28	0,829	11,316	29,570
43-36-S	12315	12315	449,27	-46,59	-1,15	-1,15	0,613	21,795	8,344
43-27-S	12315	19088	363,70	-1,27	-2,85	-2,85	0,449	18,153	6,024
43-61-S	12315	12315	0,94	-327,08	1,22	2,42	0,570	7,669	18,643
44-28-S	12315	12315	235,38	-10,93	-0,41	-0,41	0,409	13,493	5,497
44-29-S	12315	12931	238,11	-14,03	-0,32	-0,32	0,407	13,623	5,468
44-50-S	12315	12315	36,62	-201,23	0,43	0,43	0,350	4,707	11,507
45-30-S	12315	14162	131,45	-20,00	0,27	0,27	0,233	7,838	3,112
45-24-S	12315	17241	109,39	-6,09	0,71	0,71	0,207	7,144	2,723
45-53-S	12315	12315	5,54	-85,06	-0,83	-0,83	0,214	2,802	6,337
46-24-S	12315	12315	69,66	-8,29	0,91	0,91	0,176	5,133	2,314
46-14-S	12315	18473	31,79	-0,65	1,56	1,56	0,090	2,766	1,141
46-40-S	12315	12315	28,85	-43,76	-0,91	-0,91	0,109	2,171	3,277
47-19-S	12315	14778	29,36	-3,11	0,99	0,99	0,101	2,795	1,286
47-17-S	12315	14778	26,87	-1,97	1,27	1,27	0,093	2,544	1,181
47-53-S	1847	1847	0,02	-3,12	-0,41	-0,41	0,084	1,052	2,283
48-37-S	2463	2463	0,30	-2,98	-0,48	-0,48	0,060	0,746	1,651
48-12-S	10468	10468	9,12	-1,05	0,95	0,95	0,045	1,088	0,578
48-34-S	6158	6158	1,09	-5,36	-0,97	-0,97	0,044	0,548	1,198

Combinazione n° 4

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
1-10-P	24932	12868	11,52	-0,31	7,35	7,35	0,052	0,495	0,711
2-19-P	32170	19302	28,91	-1,53	10,01	10,01	0,080	0,966	1,079
2-16-P	32170	18498	22,04	-2,42	9,66	9,66	0,064	0,714	0,862
3-32-P	32170	16085	67,89	0,00	12,70	12,70	0,134	1,831	1,851
3-14-P	32170	24127	18,24	-8,12	8,58	8,58	0,042	0,522	0,576
4-35-P	32170	17693	188,32	0,00	15,51	0,00	0,240	4,051	3,350
4-31-P	32170	19302	154,29	-0,11	15,21	3,11	0,192	3,270	2,675
5-38-P	32170	17693	362,55	0,00	16,09	0,00	0,401	7,292	5,617
5-30-P	32170	19302	216,17	0,00	14,86	0,00	0,249	4,453	3,479
6-41-P	32170	16085	640,45	0,00	16,99	0,00	0,610	11,615	8,603
7-42-P	32170	19302	1115,67	0,00	18,48	0,00	0,779	16,989	11,040
7-35-P	32170	24932	638,11	0,00	16,15	0,00	0,448	10,164	6,318
8-47-P	32170	20106	1740,19	0,00	14,56	0,00	1,093	25,048	15,510
8-23-P	32170	32170	34,55	0,00	6,09	0,00	0,029	0,558	0,400
9-47-P	32170	16085	2541,28	0,00	6,80	0,00	1,498	34,112	21,360
9-48-P	32170	16085	2541,94	0,00	5,49	0,00	1,498	34,137	21,357
9-19-P	32170	16085	33,99	-53,86	3,11	3,11	0,060	0,794	2,215
10-54-P	32170	24127	2902,01	0,00	4,69	0,00	1,169	32,008	16,719
10-50-P	32170	24127	3378,23	0,00	5,20	0,00	1,156	33,291	16,605
11-43-P	32170	16889	2075,34	0,00	5,88	0,00	0,752	20,174	10,831
11-40-P	32170	32170	2198,77	0,00	9,38	0,00	0,660	20,763	9,462
11-18-P	32170	16085	129,99	-122,12	0,85	0,85	0,123	2,390	4,232
12-36-P	32170	16085	824,00	-275,63	10,04	6,62	0,489	10,963	8,530
12-60-P	32170	16085	821,45	-280,84	3,76	2,52	0,485	11,007	8,842
12-66-P	32170	16085	498,60	-462,23	-0,10	-0,10	0,364	7,766	13,599
13-36-P	32170	16085	463,38	-1028,90	-10,58	-10,58	0,555	7,640	26,481
13-22-P	32170	32170	294,50	-282,52	-0,42	-0,42	0,211	5,257	5,043
14-51-P	32170	16085	0,00	-2396,10	0,00	-5,48	0,848	11,894	44,587
14-40-P	32170	32170	0,00	-2290,82	0,00	-7,88	0,683	9,781	21,869
14-18-P	32170	16085	201,87	-141,60	-0,87	-0,87	0,189	3,739	4,961
15-47-P	32170	22519	0,00	-3856,41	0,00	-6,46	1,255	17,816	51,751
15-43-P	32170	28149	0,00	-3599,47	0,00	-12,38	1,216	17,320	41,742
15-25-P	32170	17693	103,35	-255,48	-4,25	-4,25	0,194	2,633	7,906
16-47-P	32170	16085	0,00	-2852,78	0,00	-6,80	1,546	21,319	72,777

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
16-12-P	32170	16085	108,07	-25,38	-1,31	-1,31	0,199	3,185	2,725
16-25-P	32170	18498	0,00	-250,38	0,00	-5,58	0,198	2,686	7,756
17-47-P	32170	20106	0,00	-2057,45	0,00	-14,57	1,184	16,398	46,196
17-41-P	32170	21715	0,00	-1828,59	0,00	-17,35	1,033	14,349	38,200
17-24-P	32170	32170	0,00	-250,56	0,00	-6,83	0,186	2,582	4,732
18-42-P	32170	19302	0,00	-1472,70	0,00	-18,47	0,925	12,728	36,722
18-21-P	32170	16889	0,00	-164,54	0,00	-6,45	0,173	2,287	6,889
19-41-P	32170	16085	0,00	-1014,77	0,00	-16,99	0,830	11,166	35,860
19-19-P	32170	32170	0,00	-134,87	0,00	-7,93	0,124	1,696	3,057
20-38-P	32170	17693	0,00	-685,63	0,00	-16,09	0,641	8,578	24,922
20-33-P	32170	20910	0,00	-625,82	0,00	-16,82	0,507	6,891	17,921
20-15-P	32170	19302	0,00	-69,78	0,00	-6,89	0,099	1,274	3,402
21-35-P	32170	17693	0,00	-427,15	0,00	-15,51	0,446	5,911	17,059
21-32-P	32170	19302	0,00	-413,70	0,00	-15,34	0,424	5,654	15,185
21-27-P	32170	21715	0,00	-333,98	0,00	-14,15	0,355	4,748	11,477
22-35-P	32170	16085	0,00	-234,50	0,00	-12,50	0,350	4,464	13,357
22-6-P	32170	16085	0,42	-8,27	-2,37	-5,80	0,016	0,182	0,825
23-27-P	32170	16085	0,00	-123,33	0,00	-11,07	0,236	2,921	8,633
24-19-P	31366	16085	0,00	-59,09	-2,01	-9,94	0,139	1,667	4,947
25-37-S	2463	2463	0,66	-4,94	-0,50	-0,50	0,101	1,262	2,690
25-29-S	9852	9852	5,38	-10,86	-1,13	-1,13	0,056	0,759	1,479
26-19-S	12315	14778	38,47	-5,10	0,81	0,81	0,132	3,679	1,678
26-17-S	12315	14778	34,90	-3,25	1,09	1,09	0,120	3,324	1,527
26-53-S	1847	1847	0,17	-4,58	-0,42	-0,42	0,125	1,565	3,314
27-24-S	12315	12315	95,37	-11,21	0,41	0,41	0,240	7,057	3,158
27-15-S	12315	17241	44,58	-1,50	1,02	1,02	0,118	3,665	1,508
27-41-S	12315	12315	34,82	-64,50	-0,45	-0,45	0,162	2,598	4,799
28-30-S	12315	14162	191,05	-27,99	-0,58	-0,58	0,338	11,426	4,512
28-27-S	12315	16010	172,34	-13,75	-0,51	-0,51	0,292	10,263	3,875
28-53-S	12315	12315	11,63	-126,00	0,27	0,27	0,317	4,169	9,334
29-29-S	12315	12931	318,53	-17,28	-2,17	-2,17	0,544	18,285	7,297
29-20-S	12315	20320	167,47	-0,49	-2,40	-2,40	0,273	10,459	3,577
29-50-S	12315	12315	49,41	-253,61	2,38	2,38	0,443	5,952	14,437
30-36-S	12315	12315	581,42	-61,55	-3,46	-3,46	0,751	27,229	10,233
30-27-S	12315	19088	451,90	-1,91	-6,21	-6,21	0,557	22,654	7,461
30-61-S	12315	12315	0,43	-399,59	0,84	5,33	0,698	9,394	22,691
31-31-S	12315	12931	851,88	-1,28	-9,80	-5,33	1,081	40,001	14,721
31-36-S	12315	17241	995,36	-32,48	-9,37	-9,37	0,990	41,633	13,493
31-58-S	12315	12315	0,00	-735,13	0,00	10,10	0,957	13,069	33,915
32-36-S	12315	12315	1544,64	-1,65	-17,35	-9,39	1,554	61,329	21,403
32-32-S	12315	21551	1343,57	0,00	-18,57	0,00	1,120	52,566	15,232
32-64-S	12315	12315	0,00	-990,14	0,00	15,97	1,290	17,624	45,597
33-33-S	12315	12315	2076,48	0,00	-28,67	0,00	2,087	82,636	28,729
33-35-S	12315	18473	2359,68	0,00	-31,76	0,00	1,916	87,327	26,277
33-60-S	12315	12315	0,00	-1804,76	0,00	28,66	1,840	25,398	69,923
34-38-S	12315	12315	4023,18	0,00	-54,29	0,00	3,270	138,584	45,386
34-35-S	12315	24630	3333,57	0,00	-49,04	0,00	2,153	112,700	29,459
34-57-S	12315	12315	0,00	-3019,79	0,00	54,27	2,496	34,748	100,648
35-36-S	12315	12315	5105,13	0,00	-55,78	0,00	4,156	175,386	57,687
35-37-S	12315	14778	5599,79	0,00	-58,76	0,00	3,931	178,698	54,620
35-60-S	12315	12315	0,00	-4149,18	0,00	55,71	3,422	47,611	138,957
36-36-S	12315	12315	6538,05	0,00	-50,89	0,00	5,331	223,882	74,029
36-33-S	12315	24630	4205,48	0,00	-53,11	0,00	2,720	141,850	37,225
36-60-S	12315	12315	0,00	-5344,43	0,00	50,82	4,399	61,178	179,727
37-36-S	12315	12315	6475,09	0,00	-44,30	0,00	5,283	221,509	73,361
37-32-S	12315	24630	3710,33	0,00	-47,13	0,00	2,399	125,159	32,840
37-60-S	12315	12315	0,00	-5293,10	0,00	44,43	4,354	60,549	178,210
38-36-S	12315	12315	5142,06	0,00	-41,92	0,00	4,192	176,147	58,209
38-37-S	12315	14778	5651,61	0,00	-42,47	0,00	3,974	179,745	55,241
38-60-S	12315	12315	0,00	-4159,82	0,00	42,00	3,425	47,635	139,804
39-38-S	12315	12315	4017,73	0,00	-36,18	0,00	3,274	137,754	45,456
39-35-S	12315	24630	3336,33	0,00	-34,84	0,00	2,161	112,261	29,581
39-57-S	12315	12315	0,00	-3001,52	0,00	36,24	2,474	34,413	100,665
40-33-S	12315	12315	2077,26	0,00	-19,56	0,00	2,092	82,343	28,814
40-35-S	12315	18473	2362,23	0,00	-20,89	0,00	1,923	87,022	26,387
40-60-S	12315	12315	0,00	-1803,89	0,00	19,61	1,835	25,314	70,208
41-36-S	12315	12315	1549,15	-1,69	-10,41	-5,57	1,562	61,260	21,522
41-32-S	12315	21551	1344,29	0,00	-11,79	0,00	1,124	52,343	15,292
41-64-S	12315	12315	0,00	-991,56	0,00	11,12	1,290	17,605	45,834
42-31-S	12315	12931	853,98	-1,10	-5,64	-2,99	1,086	39,950	14,795
42-36-S	12315	17241	1002,61	-31,48	-5,04	-5,04	0,999	41,776	13,627
42-58-S	12315	12315	0,00	-735,97	0,00	5,86	0,956	13,046	34,105
43-36-S	12315	12315	565,78	-55,87	-1,28	-1,28	0,773	27,442	10,510
43-27-S	12315	19088	450,56	-1,82	-3,17	-3,17	0,557	22,476	7,466
43-61-S	12315	12315	0,44	-400,93	0,36	2,69	0,699	9,398	22,862
44-29-S	12315	12931	304,60	-17,89	-0,36	-0,36	0,521	17,424	6,996
44-33-S	12315	15394	307,42	-40,58	-0,26	-0,26	0,495	17,475	6,613
44-50-S	12315	12315	49,30	-254,89	0,47	0,47	0,444	5,962	14,578
45-53-S	12315	12315	11,56	-126,54	-0,92	-0,92	0,318	4,173	9,417
45-24-S	12315	17241	142,34	-8,12	0,79	0,79	0,270	9,300	3,542
45-51-S	12315	14778	19,71	-131,52	-0,82	-0,82	0,291	3,883	7,757
46-24-S	12315	12315	92,34	-11,18	1,01	1,01	0,233	6,811	3,065
46-15-S	12315	17241	43,36	-1,59	1,76	1,76	0,115	3,537	1,475
46-41-S	12315	12315	34,82	-64,58	-1,09	-1,09	0,162	2,621	4,828

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	σ_c [N/mmq]	σ_{fi} [N/mmq]	σ_{fs} [N/mmq]
47-19-S	12315	14778	38,17	-4,89	1,10	1,10	0,132	3,640	1,669
47-17-S	12315	14778	34,39	-3,20	1,41	1,41	0,119	3,264	1,509
47-53-S	1847	1847	0,17	-4,60	-0,45	-0,45	0,125	1,566	3,332
48-37-S	2463	2463	0,66	-4,96	-0,53	-0,53	0,101	1,265	2,706
48-11-S	10468	10468	10,94	-1,67	1,14	1,14	0,055	1,305	0,706
48-29-S	9852	9852	5,40	-10,92	-1,23	-1,23	0,056	0,765	1,491

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]
w _m	Ampiezza della fessura, espressa in [mm]

Combinazione n° 2

Is	As [mmq]	Ac [mmq]	Mpf [kNm]	Npf [kN]	Eps [%]	sm [mm]	w _m [mm]
1-1	0	0	-50,53	883,90	0,0000	0,00	0,000

Combinazione n° 3

Is	As [mmq]	Ac [mmq]	Mpf [kNm]	Npf [kN]	Eps [%]	sm [mm]	w _m [mm]
36-36	12315	125000	5320,87	-42,82	0,0842	101,88	0,146

Cedimenti

Fondazione superficiale

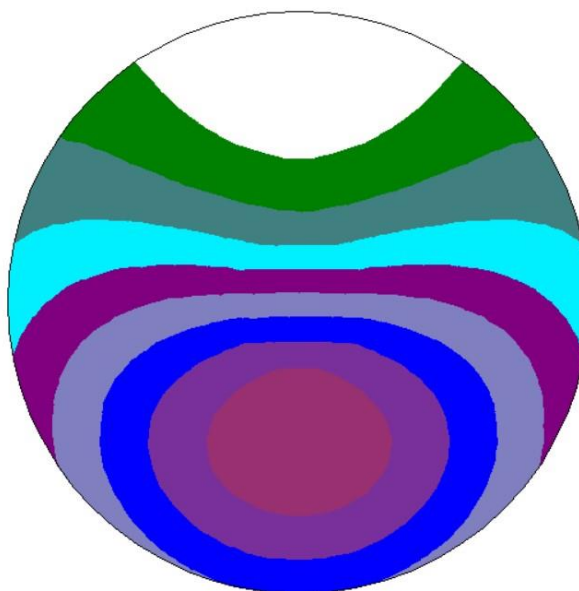
Simbologia adottata

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

Combinazione n° 4

Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	27,00	15,00	1,334
Piastra n° 1	26,94	16,18	1,196
Piastra n° 1	26,77	17,34	1,057
Piastra n° 1	26,48	18,48	0,921
Piastra n° 1	26,09	19,59	0,786
Piastra n° 1	25,58	20,66	0,654
Piastra n° 1	24,98	21,67	0,522
Piastra n° 1	24,28	22,61	0,373
Piastra n° 1	23,49	23,49	0,186
Piastra n° 1	22,61	24,28	0,149
Piastra n° 1	21,67	24,98	0,130
Piastra n° 1	20,66	25,58	0,118
Piastra n° 1	19,59	26,09	0,110
Piastra n° 1	18,48	26,48	0,105
Piastra n° 1	17,34	26,77	0,101
Piastra n° 1	16,18	26,94	0,099
Piastra n° 1	15,00	27,00	0,099
Piastra n° 1	13,82	26,94	0,099
Piastra n° 1	12,66	26,77	0,101
Piastra n° 1	11,52	26,48	0,105
Piastra n° 1	10,41	26,09	0,110

Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	9,34	25,58	0,118
Piastra n° 1	8,33	24,98	0,130
Piastra n° 1	7,39	24,28	0,148
Piastra n° 1	6,51	23,49	0,185
Piastra n° 1	5,72	22,61	0,372
Piastra n° 1	5,02	21,67	0,522
Piastra n° 1	4,42	20,66	0,653
Piastra n° 1	3,91	19,59	0,785
Piastra n° 1	3,52	18,48	0,920
Piastra n° 1	3,23	17,34	1,056
Piastra n° 1	3,06	16,18	1,195
Piastra n° 1	3,00	15,00	1,334
Piastra n° 1	3,06	13,82	1,474
Piastra n° 1	3,23	12,66	1,612
Piastra n° 1	3,52	11,52	1,748
Piastra n° 1	3,91	10,41	1,879
Piastra n° 1	4,42	9,34	2,004
Piastra n° 1	5,02	8,33	2,122
Piastra n° 1	5,72	7,39	2,230
Piastra n° 1	6,51	6,51	2,321
Piastra n° 1	7,39	5,72	2,421
Piastra n° 1	8,33	5,02	2,502
Piastra n° 1	9,34	4,42	2,570
Piastra n° 1	10,41	3,91	2,626
Piastra n° 1	11,52	3,52	2,668
Piastra n° 1	12,66	3,23	2,696
Piastra n° 1	13,82	3,06	2,713
Piastra n° 1	15,00	3,00	2,717
Piastra n° 1	16,18	3,06	2,710
Piastra n° 1	17,34	3,23	2,690
Piastra n° 1	18,48	3,52	2,661
Piastra n° 1	19,59	3,91	2,619
Piastra n° 1	20,66	4,42	2,565
Piastra n° 1	21,67	5,02	2,497
Piastra n° 1	22,61	5,72	2,416
Piastra n° 1	23,49	6,51	2,316
Piastra n° 1	24,28	7,39	2,225
Piastra n° 1	24,98	8,33	2,116
Piastra n° 1	25,58	9,34	1,998
Piastra n° 1	26,09	10,41	1,873
Piastra n° 1	26,48	11,52	1,742
Piastra n° 1	26,77	12,66	1,608
Piastra n° 1	26,94	13,82	1,473
Piastra n° 1	15,00	15,00	1,952



Spostamenti verticali "w" Combinazione caratteristica o rara

Risultati Analisi			
Numero combinazioni		4	(t = 0,000 sec.)
Analisi carichi verticali			
Analisi carichi orizzontali			
Carico Totale	36130,4218 [kN]		
Reazioni vincolari	0,0000 [kN]		
Risultante pali	---		
Reazione terreno	36130,4218 [kN]		
Spostamento massimo	3,86374 [mm]	X=15,59	Y=9,02 [m]
Spostamento minimo	-0,51417 [mm]	X=15,00	Y=27,00 [m]
Momento massimo X	6208,6941 [kNm]	X=15,00	Y=12,18 [m]
Momento minimo X	-3422,4259 [kNm]	X=15,00	Y=17,82 [m]
Momento massimo Y	9655,5296 [kNm]	X=14,87	Y=12,18 [m]
Momento minimo Y	-6293,0197 [kNm]	X=14,87	Y=17,82 [m]
Dettagli >>			
Spostamento differenziale massimo		4,38 [mm]	0,02%
<< Comb. 4 / 4 - SLER >>		Chiudi	Help

Il cedimento differenziale massimo è contenuto in valori compatibili con l'utilizzo della struttura in elevazione come risulta dal documento "D2406108-007 SGRE ON SG 6.2-170 Foundation loads T135-50A", (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:

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

- G_{dyn} = modulo a taglio dinamico di progetto
- R = raggio del plinto = 12,00 mt
- ν = coefficiente di Poisson = 0,30

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 in . Nel caso in esame la $\langle V_s \rangle$ è stata assunta conservativamente pari al valore minimo della velocità equivalente delle onde a taglio valutate nell'ambito delle indagini geofisiche esecutive MASW di cui alla relazione geologica. Pertanto:

$$G_{dyn} = 0.35 \cdot 1,66 \cdot 10^3 \text{ (N s}^2\text{/m} \cdot \text{m}^3\text{)} \cdot 508,33^2 \text{ (m}^2\text{/s}^2\text{)} = 150130045 \text{ N/m}^2 \text{ (Pa)}$$

$$K_r = 8 \cdot 150130045 \cdot 12,00^3 / [3 \cdot (1-0,30)] = 9,88 \cdot 10^{11} \text{ Nm/rad} = 988284 \text{ MNm/rad}$$

Minimo richiesto dal costruttore = 150.000,00 MNm/rad come da documento "D2406108-007 SGRE ON SG 6.2-170 Foundation Loads T135-50A paragrafo 4.

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, 25 luglio 2023

PROGETTAZIONE:

ing. Massimo CANDEO

Ord. Ing.ri Bari n°3755

