

REGIONE PUGLIA  
CITTA' METROPOLITANA DI BARI  
COMUNE DI RUVO DI PUGLIA

IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 8 WTG DA 7.2 MW,  
SISTEMA DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO DELL'ENERGIA  
ELETTRICA E OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE

**R03**

**CALCOLI PRELIMINARI DELLE  
STRUTTURE**

Proponente

**RDP**

RDP srl  
CORSO MONFORTE 2  
20122 Milano (MI)  
P.IVA 13058670962  
rdp.srl.pec@legalmail.it  
Legale Rappresentante: Ing. Danilo Lerda

Progetto

**STM** Engineering

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

ing. Massimo CANDEO  
Ordine Ing. Bari n° 3755  
Via Cancellotto, 3  
70125 Bari  
m.candeo@pec.it  
stimdue@stimeng.it  
tel. +39 328 9569922

ing. Gabriele CONVERSANO  
Ordine ing. Bari n° 8884  
via Garruba, 3  
70122 Bari  
g.conversano@stimeng.it  
gabrieleconversano@pec.it  
tel. +39 328 6739206



Collaborazione:  
ing. Antonio Campanale  
ing. Flavia Blasi

**Progetto  
elettrico**

ing. Gianluca Pantile  
Ordine Ing. Brindisi n° 803  
Via del Lavoro, 15/D  
72100 Brindisi (BR)  
Tel. cell. 3471939994  
PEC: pantile.gianluca@ingpec.eu

febbraio 24	0	PRIMA EMISSIONE	ing. M. Evangelista	ing. M. Candeo
Data	Rev.	DESCRIZIONE	Elaborato e controllato da:	Approvato da:

REVISIONI

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO</b> .....	<b>4</b>
2.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IN GENERALE .....	4
2.2	FASI DI LAVORO PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO.....	7
2.3	DATI STRUTTURALI DI PROGETTO ..... <b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>	
<b>3</b>	<b>NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>INPUT DI MODELLAZIONE NUMERICA FEM</b> .....	<b>11</b>
4.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI RUVO DI PUGLIA.....	11
4.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	15
4.3	IPOTESI DI PROGETTO E PARAMETRI SISMICI .....	177
4.4	CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE: EFFICACIA DEL MODELLO .....	188
<b>5</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE</b> .....	<b>19</b>
5.1	VALORI DI PROGETTO DELLA RESISTENZA DEI MATERIALI STRUTTURALI .....	19
5.2	PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO DI FONDAZIONE .....	19
5.3	ACCIAIO PER OPERE IN C.A. ....	20
5.4	DEFINIZIONE DEL COPRIFERRO .....	20
5.5	CLASSE DI ESPOSIZIONE .....	21
5.6	AZIONI DI PROGETTO .....	21
5.7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	22
5.8	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU).....	24
<b>6</b>	<b>DATI</b> .....	<b>26</b>
6.1	MATERIALI.....	26
6.2	GEOMETRIA .....	26
6.3	SPESSORI PIASTRA .....	27
6.4	DESCRIZIONE TERRENI.....	27
6.5	CARICHI.....	301
6.6	DETTAGLI CALCOLO CAPACITA' PORTANTE .....	36
<b>7</b>	<b>PRINCIPALI VERIFICHE</b> .....	<b>37</b>
7.1	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	37
7.2	VERIFICHE STRUTTURALI .....	38
7.3	VERIFICA EQUILIBRIO DI CORPO RIGIDO.....	422
7.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	433
7.5	VALUTAZIONE DELLA RIGIDEZZA ROTAZIONALE DINAMICA (DRS).....	51
<b>8</b>	<b>METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI</b> .....	<b>52</b>

## **1      PREMESSA**

La presente Relazione è strutturata come di seguito:

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

## 2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

### 2.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IN GENERALE

Lo scopo del presente lavoro è progettare la realizzazione dell'impianto eolico di proprietà di Rdp s.r.l.

L'impianto sarà composto da 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MWe (modello Vestas V172 – 7,2 MW), ubicati in agro di Ruvo di Puglia (BA), e sarà collegato alla rete elettrica nazionale tramite nuova sottostazione 380/150kV che sarà ubicata nel comune di Bitonto (BA).

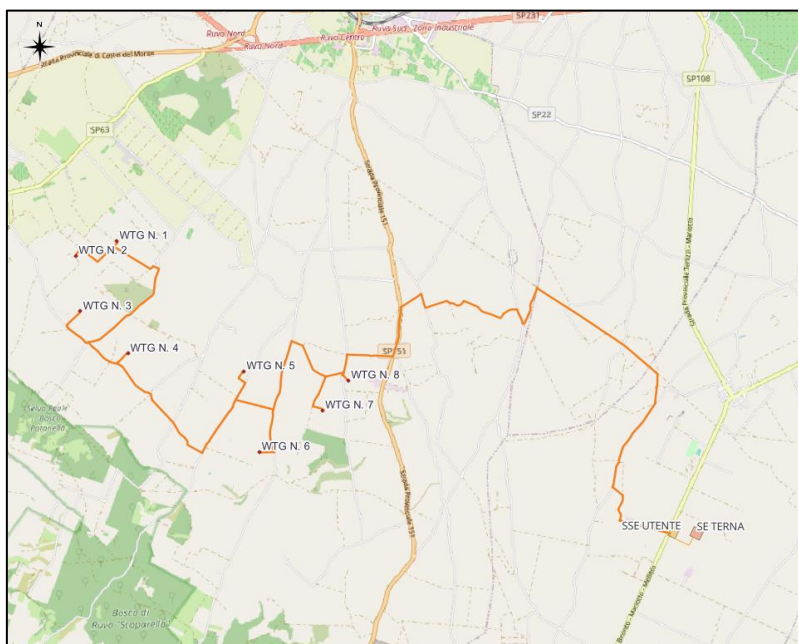
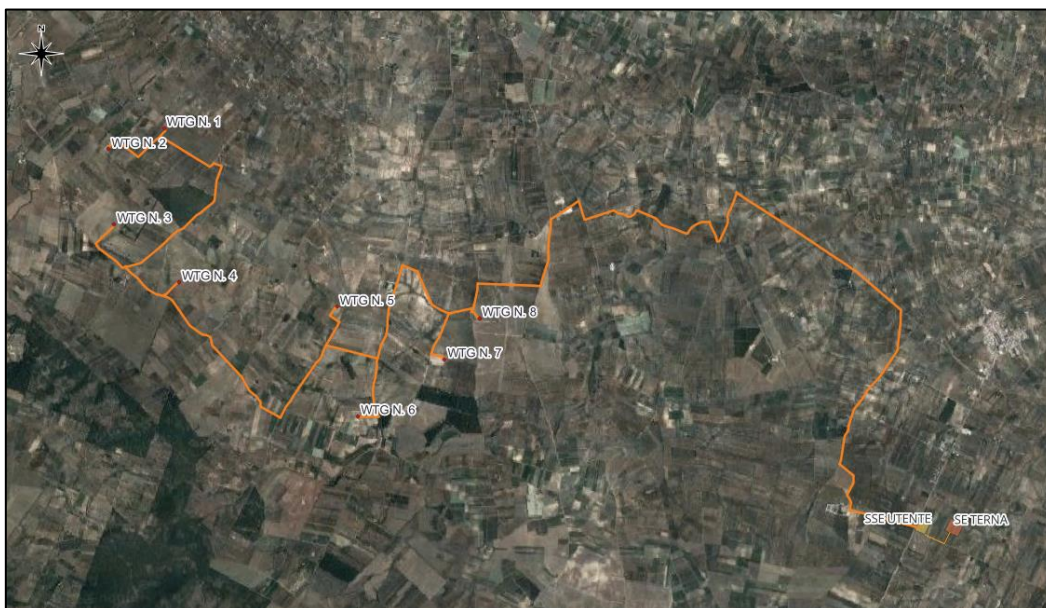


FIG.0 - UBICAZIONE GENERATORI DI PROGETTO

La presente relazione contiene i calcoli preliminari delle strutture di un progetto per la realizzazione dell'impianto eolico in Agro del Comune di Ruvo di Puglia (BA), costituito da 8 aerogeneratori tripala (WTG) ad asse orizzontale, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW, per una potenza elettrica complessiva pari a 57,6 MW.

Di seguito è riportato un inquadramento su ortofoto del layout dell'impianto, in cui sono mostrate le posizioni degli aerogeneratori, la viabilità di nuova realizzazione ed il percorso del cavidotto di connessione alla rete elettrica nazionale.



*Inquadramento ortofoto area di intervento*

WTG	COMUNE	Fg.	Part.	WGS 84 UTM 33N Cord E	WGS 84 UTM 33N Cord N
WTG 01	RUVO DI PUGLIA	55	685	620573	4548214
WTG 02	RUVO DI PUGLIA	55	144	619864	4547948
WTG 03	RUVO DI PUGLIA	73	58	619940	4546988
WTG 04	RUVO DI PUGLIA	79	6	620769	4546255
WTG 05	RUVO DI PUGLIA	85	128	622784	4545939
WTG 06	RUVO DI PUGLIA	92	347	623054	4544544
WTG 07	RUVO DI PUGLIA	86	189	624161	4545265
WTG 08	RUVO DI PUGLIA	87	7	624604	4545787

Layout di progetto – Posizione aerogeneratori

Il Layout dell'impianto è schematicamente indicato nelle precedenti figure e tabelle, 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 **114 mt** dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a **172 m**, per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di **200 mt** rispetto al suolo.

Sarà impiegata una turbina eolica del tipo **V172-7,2 MW Vestas da 7,2 MW**.

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

A servizio degli aerogeneratori saranno realizzate le seguenti OPERE EDILI:

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

Per lo stesso scopo saranno realizzate le seguenti OPERE ELETTRICHE:

OPERE DI UTENZA:

- collegamento alla SOTTO STAZIONE UTENTE di connessione e consegna AT/MT 380/150 kV, ubicata all'interno dei confini amministrativi del Comune di Ruvo di Puglia, denominata SOTTO STAZIONE ELETTRICA UTENTE (SSEU);
- posa in opera di cavi interrati MT per il trasporto dell'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori d'impianto alla SOTTO STAZIONE ELETTRICA UTENTE (SSEU) di connessione e consegna AT/MT.

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

OPERE DI RETE:

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

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

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

Qui di seguito una possibile suddivisione delle FASI DI LAVORO:

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

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

- cavidotti interrati interni: opere edili;
- cavidotti interrati interni: opere elettriche;
- impianto elettrico MT/AT di connessione e consegna;
- collaudi impianto elettrico generazione e trasformazione;
- opere di ripristino e mitigazione ambientale;
- conferimento inerti provenienti dagli scavi e dai movimenti terra;
- posa terreno vegetale per favorire recupero situazione preesistente.

### 2.3 DATI STRUTTURALI DI PROGETTO

---

L'aerogeneratore impiegato nel presente progetto è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a 114 mt dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a 172 m (lunghezza pala 86 mt circa), per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di 200 mt.

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

L'ancoraggio alle fondazioni in oggetto avverrà tramite opportuno sistema di ancoraggio fornito dal costruttore delle turbine e precisamente tramite 104+104 tirafondi precaricati preassemblati su due flange, superiore ed inferiore, la cui circonferenza media avrà un diametro pari a mt 4,35.

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

fondazioni di tipo diretto (superficiale) per gli aerogeneratori denominati WTG1, WTG2,WTG3,WTG4, WTG5,WTG6, WTG7,WTG8

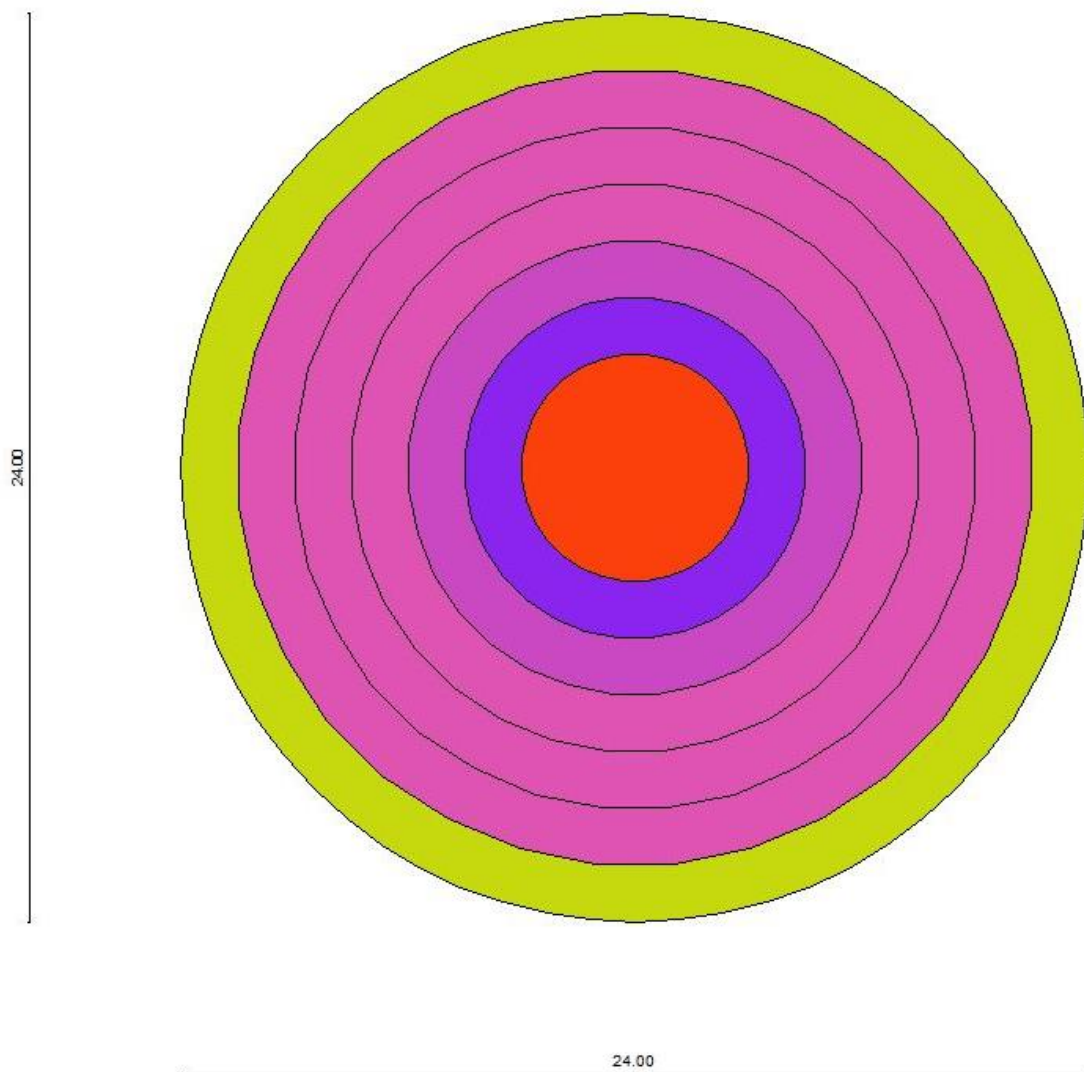
La struttura di fondazione è costituita da:

- Piastra circolare in c.a. del diametro  $D=24,00$  ml, con altezza e diametro variabili rispettivamente da mt 0,90 a mt 2,65 e da mt 24,00 a mt 6,00, fino alla circonferenza del diametro di mt 6,00 a partire dalla quale l'altezza (spessore fondazione) resta costante fino al centro e pari a mt 3,60.

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

La piastra sarà interrata per circa 3,90 mt dall'attuale piano campagna.





Geometria della fondazione superficiale di tipo diretto

### 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;
- **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

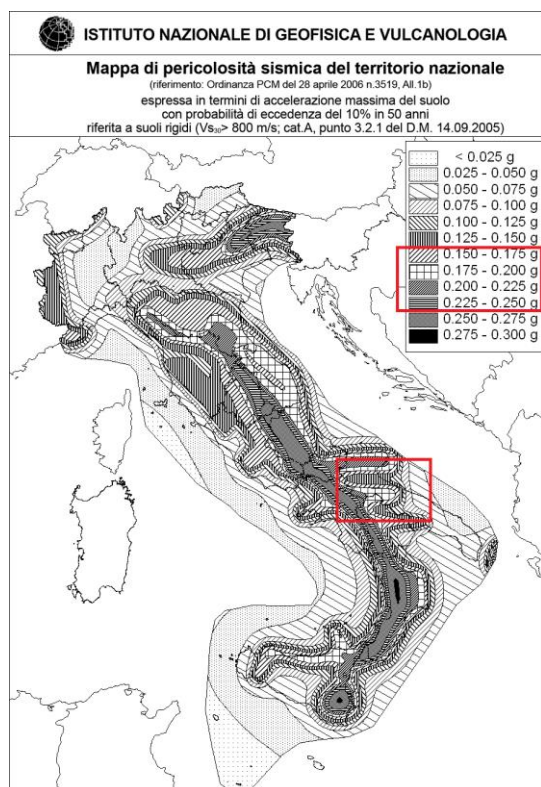
### 4.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI RUVO DI PUGLIA

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

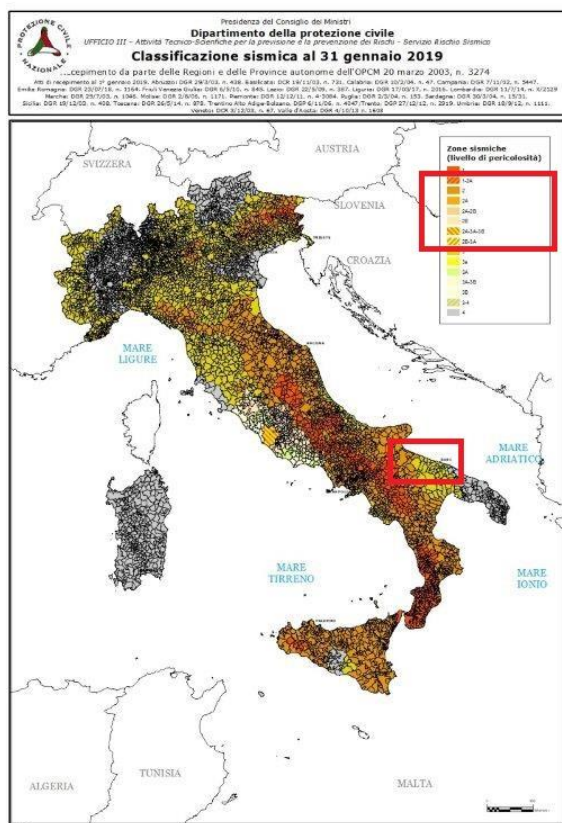
zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a <sub>g</sub> /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a <sub>g</sub> /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

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

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



Mappa sismica OPCM 3519 del 28 aprile 2006



Mapa sismica aggiornata al gennaio 2019

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

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

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

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

<b><u>WTG1</u></b>	WGS84 LONG-LAT	16.435295°	41.07625°	
	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub> /g	F <sub>0</sub>	Tc*
SLO	30	0.0358	2.53	0.26
SLD	50	0.0461	2.52	0.30
SLV	475	0.1613	2.46	0.35
SLC	975	0.2341	2.42	0.36
<b><u>WTG2</u></b>	WGS84 LONG-LAT	16.426805°	41.073959°	
	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub> /g	F <sub>0</sub>	Tc*
SLO	30	0.0359	2.53	0.26
SLD	50	0.0462	2.52	0.30
SLV	475	0.1622	2.45	0.35
SLC	975	0.2355	2.42	0.36
<b><u>WTG3</u></b>	WGS84 LONG-LAT	16.427523°	41.065303°	
	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub> /g	F <sub>0</sub>	Tc*
SLO	30	0.0359	2.53	0.26
SLD	50	0.0462	2.52	0.3
SLV	475	0.1617	2.46	0.35
SLC	975	0.2347	2.42	0.36
<b><u>WTG4</u></b>	WGS84 LONG-LAT	16.437243°	41.058579°	
	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub> /g	F <sub>0</sub>	Tc*
SLO	30	0.0358	2.53	0.26
SLD	50	0.046	2.52	0.30
SLV	475	0.1604	2.46	0.35
SLC	975	0.2325	2.42	0.36
<b><u>WTG5</u></b>	WGS84 LONG-LAT	16.461152°	41.055432°	
	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub> /g	F <sub>0</sub>	Tc*
SLO	30	0.0354	2.53	0.26
SLD	50	0.0453	2.51	0.31
SLV	475	0.1562	2.46	0.36
SLC	975	0.226	2.43	0.36

<b><u>WTG6</u></b>	WGS84 LONG-LAT	16.464086°	41.042829°	
	$T_R$	$a_g/g$	$F_0$	$T_c^*$
SLO	30	0.0353	2.52	0.26
SLD	50	0.045	2.5	0.31
SLV	475	0.1517	2.47	0.36
SLC	975	0.2185	2.45	0.36
<b><u>WTG7</u></b>	WGS84 LONG-LAT	16.477398°	41.049154°	
	$T_R$	$a_g/g$	$F_0$	$T_c^*$
SLO	30	0.0348	2.52	0.26
SLD	50	0.0441	2.51	0.31
SLV	475	0.1478	2.47	0.36
SLC	975	0.2128	2.45	0.37
<b><u>WTG8</u></b>	WGS84 LONG-LAT	16.482773°	41.053787°	
	$T_R$	$a_g/g$	$F_0$	$T_c^*$
SLO	30	0.0345	2.52	0.26
SLD	50	0.0437	2.51	0.31
SLV	475	0.1453	2.47	0.37
SLC	975	0.2088	2.45	0.37

Tabella 1 – Coordinate geografiche e parametri di pericolosità sismica

## 4.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

---

Per **individuare la categoria sismica del suolo di fondazione** dell'area indagata, in corrispondenza del sito di installazione dell'aerogeneratore sono state eseguite indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. come riportato nelle Relazioni Geologica e Geotecnica redatte dal Dott. Geol. Raffaele Sassone: sembra opportuno soffermarsi su alcuni aspetti di carattere generale riguardanti la tematica in oggetto, utili all'inquadramento del "problema sismico".

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

In particolare come riportato nella Relazione Geotecnica redatta dal Dott. Geol. Raffaele Sassone, si rileva che le 8 prove M.A.S.W. eseguite hanno permesso di calcolare i valori di  $V_{seq}$  per le varie condizioni del sottosuolo. Si rammenta che a seguito dell'entrata in vigore dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, il parametro  $V_{s30}$  è stato sostituito con il parametro  $V_{seq}$ .

In condizioni di terreni di fondazione costituiti da terreni sciolti con bedrock sismico collocato oltre i 30 m dal p.c. i due parametri coincidono:  $V_{s30} = V_{seq}$ .

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

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

con:

$h_i$ : spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ : velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N: numero di strati;

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

Le prove condotte mediante gli stendimenti sismici come di seguito riportate hanno evidenziato i seguenti risultati.

Sismica	Impianto
AA'	WTG1
BB'	WTG2
CC'	WTG3
DD'	WTG4
EE'	WTG5
FF'	WTG6
GG'	WTG7
HH'	WTG8
II'	SOTTOSTAZIONE

Sismica	Impianto	$V_{seq}$	Categoria di sottosuolo
AA'	WTG1	1195 m/s	A
BB'	WTG2	956 m/s	A
CC'	WTG3	1042 m/s	A
DD'	WTG4	1090 m/s	A
EE'	WTG5	1285 m/s	A
FF'	WTG6	1223 m/s	A
GG'	WTG7	1088 m/s	A
HH'	WTG8	1109 m/s	A
II'	SOTTOSTAZIONE	1056 m/s	A

In base a questi valori è stato possibile ascrivere i terreni alla Categoria A dei suoli di fondazione.

Quindi, in base ai valori di  $V_{s30}$  precedentemente riportati è possibile ascrivere i terreni di fondazione dei nuovi otto aerogeneratori alla Categoria 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.

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

Categoria Descrizione

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

**B** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  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  $V_{s30}$  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  $cu_{,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

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

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

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

#### 4.3 IPOTESI DI PROGETTO E PARAMETRI SISMICI

---

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

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

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

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

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

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

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

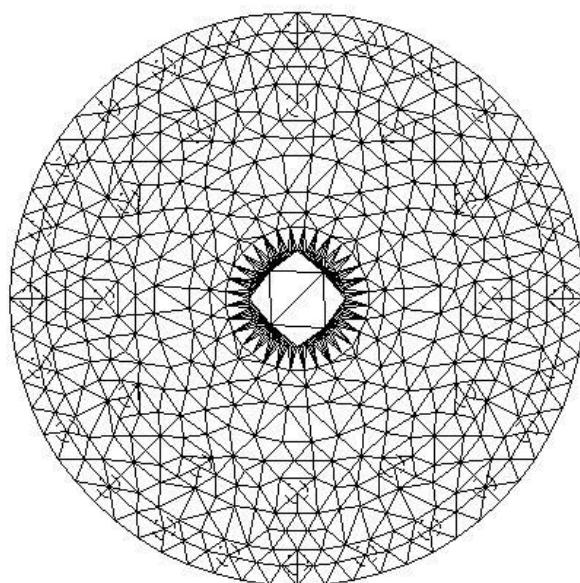
**NOTA (\*)** Ai sensi della DGR n. 1214 del 31/05/2011 i singoli aerogeneratori possono essere verificati per le sollecitazioni sismiche derivanti dalla **Classe d'uso II**.

#### 4.4 CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE: EFFICACIA DEL MODELLO

---

La progettazione e la verifica delle opere strutturali in oggetto sono state eseguite con il codice di calcolo numerico ad elementi finiti denominato "**API++Platee e Graticci 16.0**" 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 = 1256; n. nodi = 661

Il calcolo è stato condotto mediante analisi lineare.

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

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

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

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

In considerazione dell'assetto litostratigrafico e geotecnico dell'area, rivelatasi nell'insieme omogenea, la caratterizzazione stratigrafica determinata è da considerarsi caratteristica per i siti di realizzazione degli aerogeneratori in progetto.

## 5 ANALISI STRUTTURALE

### 5.1 VALORI DI PROGETTO DELLA RESISTENZA DEI MATERIALI STRUTTURALI

---

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

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

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

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

### 5.2 PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO DI FONDAZIONE

---

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

Le suddette caratteristiche saranno conformi alle seguenti norme:

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

### 5.3 ACCIAIO PER OPERE IN C.A.

---

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

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

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

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

$$A_s > 7,5\%$$

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

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

Le suddette caratteristiche saranno conformi alle seguenti norme:

D.M. 2018

UNI EN 10020 :2001

UNI EN 10021 :2007

UNI EN 10080 :2005

Il campionamento e le prove saranno condotte secondo:

D.M. 2018

UNI EN ISO 7438 : 2005

### 5.4 DEFINIZIONE DEL COPRIFERRO

---

Classe di esposizione XC2

Classe strutturale S4

Copriferro nominale=Copriferro minimo + $\Delta C_{DEV}$

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

$C_{minb}$ = diametro barra isolata 32 mm

$C_{min,dur}$ =25 mm

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

$$\Delta C_{ST} = 0$$

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

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

Copriferro minimo=  $C_{minb}$ = 32 mm

Copriferro nominale = 32 +10 = 42 mm

Copriferro nominale scelto= 50 mm

## 5.5 CLASSE DI ESPOSIZIONE

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

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

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

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

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

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

## 5.6 AZIONI DI PROGETTO

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

Le azioni di progetto prese in considerazione sono:

- azioni dovute a peso proprio della struttura in elevazione e della struttura di fondazione
- carichi permanenti e variabili

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

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

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

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

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

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

Per la geometria delle macchine installate sopra la torre non sono stati considerati carichi neve sia quanto 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:

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

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

P rappresenta pretensione e precompressione;

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

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

$\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$  coefficienti parziali come definiti nella tabella 6.2.I delle NTC;

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

• Per gli Stati Limite di Esercizio degli elementi strutturali, degli elementi non strutturali e degli impianti le verifiche sono state condotte facendo riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

#### **Combinazione n° 2 (quasi permanente)**

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

#### **Combinazione n° 3 (frequente)**

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

#### **Combinazione caratteristica n° 4 (rara)**

dove:

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

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

P rappresenta pretensione e precompressione;

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

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

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

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

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

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

$G_1$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

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

P rappresenta pretensione e precompressione;

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

$Q_{ki}$  valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$

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

## 5.8 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

---

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

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

Nello specifico, trattandosi di fondazione su pali per un gruppo di aerogeneratori (WTG01 e WTG02), e di fondazione superficiale per gli altri aerogeneratori in progetto (WTG03, WTG04, WTG05, WTG06) la progettazione ha tenuto conto nelle verifiche allo SLU del contenimento delle azioni di progetto (con i pertinenti fattori amplificativi) da parte delle resistenze strutturali, nelle verifiche allo SLE degli effetti delle azioni di progetto (con i pertinenti fattori amplificativi) rilevandone la compatibilità con l'utilizzo della sovrastruttura.

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

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

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione - terreno
  - Collasso per scorrimento sul piano di posaLe verifiche GEO sono riportate al paragrafo 6.6.
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturaliLe verifiche STR sono riportate al paragrafo 6.7
- EQU verifica allo stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) per le fondazioni dirette.

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

Nel caso in esame è stato adottato l'**Approccio 2**, pertanto le azioni di progetto in fondazione derivano da un'analisi strutturale svolta impiegando un'**unica combinazione di gruppi di**



**coefficienti parziali A1+M1+R3 (Tabb. 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II di [XI]).**

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

Il valore di progetto della resistenza  $R_d$  della fondazione è stato determinato in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale  $\gamma_M$  specificato nella Tab. 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  specificato nella Tab. 6.4.I per ciascun tipo di opera.

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

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

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

**Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  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 <sup>2</sup> ]
γ <sub>cls</sub>	Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kN/mc]
E	Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogeneizzazione
TA	Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [N/mm <sup>2</sup> ]	γ <sub>cls</sub> [kN/mc]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	ν	n	TA
1	C35/45	C35/45	45,000	24,52	34625,349	0.200	15.00	B450C

### 6.2 GEOMETRIA

Coordinate contorno esterno

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

## 6.3 SPESSORI PIASTRA

### Simbologia adottata

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

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

## 6.4 DESCRIZIONE TERRENI

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

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

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

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

Per i siti di ubicazione degli aerogeneratori WTG1,WTG2,WTG3,WTG4,WTG5, WTG6, WTG7, WTG8 sulla base dei modelli geologico di riferimento è possibile inoltre considerare i seguenti aspetti, valevoli per tutta l'area progettuale:

Categoria di sottosuolo A

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 e 4 comuni tutti gli aerogeneratori.

La stratigrafia geotecnica del modello così individuato è così definita:

1: terreno vegetale da 0.00 a -1.00 dal piano campagna

2: unità A da -1.00 a -3.00 dal piano campagna

3: unità B da -3.00 a -6.00 dal piano campagna

4: unità C da -6.00 a -10.00 dal piano campagna

La prima unità geotecnica, terreno vegetale, non viene caratterizzata nel seguito.

**Unità A:** calcare stratificato estremamente fratturato e carsificato misto a terra rossa

Parametri geotecnici principali caratteristici:

$\gamma$  (kN/m<sup>3</sup>) Peso per unità di volume naturale =16.66

$\phi$  (°) Angolo di attrito = 22°

$c'$  (kPa) Coesione efficace = 0

$c_u$  (Mpa) coesione non drenata = 0.045

E (MPa) Modulo Elastico Statico = 289

$G_0$  (MPa) Modulo di taglio = 106.25

$\nu$  Coefficiente di Poisson = 0.36

$K_w$  (Kg/cmq/cm) = 2.62

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

Comportamento Strato: addensato

Falda: Assente.

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

Comportamento Strato: Roccioso

### **Unità B**: calcare stratificato estremamente fratturato e carsificato

Parametri geotecnici principali caratteristici:

$\gamma$  (kN/m<sup>3</sup>) Peso per unità di volume naturale = 19.80

$\phi$  (°) Angolo di attrito = 31°

$c'$  (kPa) Coesione efficace = 0

$c_u$  (Mpa) coesione non drenata = 0.10

$E$  (MPa) Modulo Elastico Statico = 1681

$G_0$  (MPa) Modulo di taglio = 609

$\nu$  Coefficiente di Poisson = 0.38

$K_w$  (Kg/cmq/cm) = 18

### **Unità C**: calcare stratificato poco fratturato e carsificato

Parametri geotecnici principali caratteristici:

$\gamma$  (kN/m<sup>3</sup>) Peso per unità di volume naturale = 22.10

$\phi$  (°) Angolo di attrito = 38°

$c'$  (kPa) Coesione efficace = 0

$c_u$  (Mpa) coesione non drenata = 0.10

$E$  (MPa) Modulo Elastico Statico = 7035

$G_0$  (MPa) Modulo di taglio = 2536

$\nu$  Coefficiente di Poisson = 0.36

$K_w$  (Kg/cmq/cm) = 89

In definitiva si assume il seguente modello geotecnico.

### Caratteristiche fisico meccaniche

#### Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_{sat}$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
$\delta$	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
ca	Adesione del terreno espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\tau$	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\alpha$	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [N/mm <sup>2</sup> ]	ca [N/mm <sup>2</sup> ]
Calcere poco fratturato	22,000	22,000	38.44	25.63	0,0000	0,0000
Calcere molto fratturato carsismo	20,000	20,000	31.37	20.91	0,0000	0,0000
Calcere molto fratturato t r	16,660	16,660	22.00	14.67	0,0000	0,0000
Terreno vegetale	16,660	16,660	22.00	14.67	0,0000	0,0000

### Caratteristiche di deformabilità

#### Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
Ed	Modulo edometrico espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
RR	Rapporto di ricomprensione
CR	Rapporto di compressione
OCR	Grado di sovraconsolidazione
E	Modulo elastico espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\nu$	Coefficiente di Poisson

Descrizione	Ed [N/mm <sup>2</sup> ]	RR	CR	OCR	E [N/mm <sup>2</sup> ]	$\nu$
Calcere poco fratturato	1000,000	0.0000	0.0000	1.0000	6900,000	0.360
Calcere molto fratturato carsismo	0,000	0.0000	0.0000	1.0000	1680,000	0.380
Calcere molto fratturato t r	0,000	0.0000	0.0000	1.0000	289,000	0.360
Terreno vegetale	0,000	0.0000	0.0000	1.0000	289,000	0.360

### Descrizione stratigrafia e falda

#### Simbologia adottata

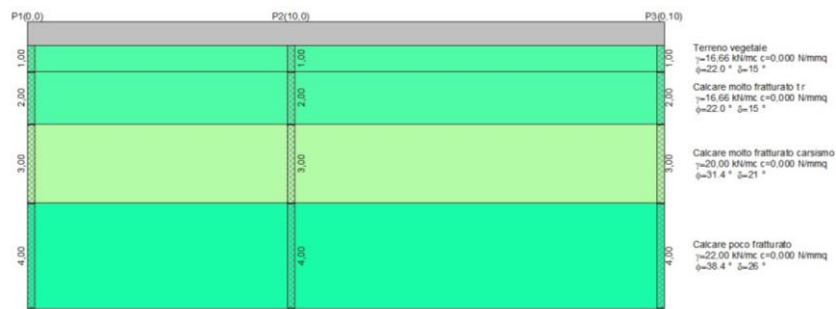
N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato
Ks	Coeff. di spinta per calcolo resistenza attrito laterale facce verticale fondazione

	Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3
X [m]	0,00	10,00	0,00
Y [m]	0,00	0,00	10,00

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno	Ks
1	-1,0	-1,0	-1,0	Terreno vegetale	
2	-3,0	-3,0	-3,0	Calcere molto fratturato t r	
3	-6,0	-6,0	-6,0	Calcere molto fratturato carsismo	
4	-10,0	-10,0	-10,0	Calcere poco fratturato	

### Falda

Falda non presente



Stratigrafia

## 6.5 CARICHI

### Convenzioni adottate

#### Carichi e reazioni vincolari

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

#### Sollecitazioni

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

### Condizioni di carico

#### Carichi concentrati

#### Simbologia adottata

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

Condizione n° 1 - Permanenti torre [Permanente]

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	17,18	15,00	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,17	15,13	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,16	15,26	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,14	15,39	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,11	15,52	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,08	15,65	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	17,03	15,77	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,98	15,89	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,93	16,01	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,86	16,13	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,79	16,24	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,71	16,34	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,63	16,44	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,54	16,54	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,44	16,63	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,34	16,71	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,24	16,79	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,13	16,86	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	16,01	16,93	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,89	16,98	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,77	17,03	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,65	17,08	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,52	17,11	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,39	17,14	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,26	17,16	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,13	17,17	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,00	17,18	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,87	17,17	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,74	17,16	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,61	17,14	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,48	17,11	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,35	17,08	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,23	17,03	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,11	16,98	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,99	16,93	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,87	16,86	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,76	16,79	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,66	16,71	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,56	16,63	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,46	16,54	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,37	16,44	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,29	16,34	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,21	16,24	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,14	16,13	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,07	16,01	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,02	15,89	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,97	15,77	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,92	15,65	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,89	15,52	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,86	15,39	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,84	15,26	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,83	15,13	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,82	15,00	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,83	14,87	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,84	14,74	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,86	14,61	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,89	14,48	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,92	14,35	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,97	14,23	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,02	14,11	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,07	13,99	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,14	13,87	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,21	13,76	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,29	13,66	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,37	13,56	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,46	13,46	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,56	13,37	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,66	13,29	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,76	13,21	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,87	13,14	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	13,99	13,07	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,11	13,02	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,23	12,97	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,35	12,92	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,48	12,89	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,61	12,86	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,74	12,84	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	14,87	12,83	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,00	12,82	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,13	12,83	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,26	12,84	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,39	12,86	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	15,52	12,89	67,631	0,000	0,000	0,000	0,000



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

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

### Carichi concentrati

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

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

*Peso proprio*

Oggetto	Pt [kN]
Piastra	18533,6534

*Peso terreno gravante sulla fondazione*

Oggetto	Pt [kN]
Piastra	17540,2261

## Normativa - Coefficienti di sicurezza

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

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

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

## Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 4

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR - A1-M1-R3

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

Combinazione n° 2 - SLE Quasi permanente

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

Combinazione n° 3 - SLE Frequente

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

Combinazione n° 4 - SLE Rara

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

## Impostazioni di analisi

### *Portanza fondazione superficiale*

Metodo calcolo portanza	Hansen
Criterio di media calcolo strato equivalente	Ponderata
Riduzione portanza per effetto eccentricità	Meyerhof

### *Verifica a scorrimento*

Partecipazione spinta passiva	0.00 [%]
-------------------------------	----------

### *Analisi interazione fondazione-terreno*

Modello	Interazione
Terreno resistente a trazione	NO
Costante di Winkler orizzontale superficiale	Imposta da Utente
Rigidità terreno fondazione	Costante per tutte le combinazioni
Raggio di influenza	Usa tutta la fondazione
Tolleranza nella soluzione	0.0100

### *Opzioni calcolo cedimenti*

Metodo calcolo tensioni	Boussinesq
Metodo calcolo cedimenti	Elastico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
$\Delta H$ suddivisione massima strati	1,00 [m]

Fattore di rigidità della sovrastruttura 0.00

Considera peso terreno gravante sulla piastra SI

Considera partecipazione sisma sul terreno ricoprimento NO

## 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
eyk, eyi	Fattori di correzione secondo Cascone
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma_N$ viene moltiplicato per questo fattore

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

n°	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	eyk eyi	ry
1	0.911 0.913 0.880	1.075 1.044 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.743

## 7 PRINCIPALI VERIFICHE

### 7.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

#### Carico limite

Simbologia adottata

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

Ic	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
1	56039,81	0,00	3137492,20	0,00	1364127,04	0,00	24.342

#### Coefficienti di capacità portante e caratteristiche terreno di progetto

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
Nc, Nq, N $\gamma$	coeff. di capacità portante
N'c, N'q, N' $\gamma$	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]
$\gamma$	Peso nell'unità di volume, espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo di attrito, espresso in [°]
c	Coesione, espressa in [N/mmq]

Ic	Nc	N'c	Nq	N'q	N $\gamma$	N' $\gamma$	H [m]	$\gamma$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	c [N/mmq]
1	60.06	58.82	47.56	45.31	54.14	35.40	21,68	21,8155	37.784	0,0000

#### Scorrimento

Simbologia adottata

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

Ic	T [kN]	Ru [kN]	Rup [kN]	Rd [kN]	Tt [kN]	FS
1	2028,48	21410,73	0,00	19464,30	2028,48	9.596

## 7.2 VERIFICHE STRUTTURALI

### FONDAZIONI SUPERFICIALI DIRETTE

#### Risultati per combinazione

##### *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]
$\phi_x$	Rotazione intorno all'asse X, espressa in [°]
$\phi_y$	Rotazione intorno all'asse Y, espressa in [°]
p	Pressione sul terreno (solo per calcolo fondazione), espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
kw	Costante di Winkler (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm <sup>2</sup> /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]	$\phi_x$ [°]	$\phi_y$ [°]	p [N/mm <sup>2</sup> ]	
1	1,24396 (152)	0,15172 (134)	0,09535 (641)	0,000240 (619)	0,000165 (419)	1,2280752 (302)	MAX
	-1,11656 (461)	-0,03860 (603)	-0,09535 (131)	-0,000344 (253)	-0,000165 (585)	0,0000000 (325)	MIN
2	0,81936 (223)	0,08092 (134)	0,05085 (641)	0,000080 (94)	0,000060 (303)	0,8506453 (302)	MAX
	-0,22819 (436)	-0,02059 (603)	-0,05086 (131)	-0,000154 (253)	-0,000060 (51)	0,0000000 (523)	MIN
3	0,85733 (196)	0,09103 (134)	0,05721 (641)	0,000086 (98)	0,000071 (369)	0,8888292 (302)	MAX
	-0,37380 (461)	-0,02316 (603)	-0,05721 (131)	-0,000182 (253)	-0,000071 (555)	0,0000000 (262)	MIN
4	0,89696 (196)	0,10115 (134)	0,06357 (641)	0,000121 (593)	0,000089 (369)	0,9185748 (302)	MAX
	-0,54548 (461)	-0,02573 (603)	-0,06357 (131)	-0,000212 (253)	-0,000089 (555)	0,0000002 (434)	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 <sup>2</sup> ]
Ny	Tensione normale Y espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
Nxy	Tensione tangenziale XY espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]

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 <sup>2</sup> ]	Ny [N/mm <sup>2</sup> ]	Nxy [N/mm <sup>2</sup> ]	
1	13926,87 (223)	7907,85 (223)	3334,81 (427)	7775,12 (276)	7775,12 (225)	0,152 (332)	0,126 (142)	0,125 (196)	MAX
	-11933,37 (383)	-8164,72 (383)	-3336,13 (212)	-5377,28 (196)	-5370,23 (152)	-0,152 (142)	-0,126 (332)	-0,153 (212)	MIN
2	7344,75 (223)	4572,57 (223)	1715,90 (427)	3998,99 (276)	3998,99 (225)	0,081 (332)	0,067 (142)	0,067 (196)	MAX
	-6009,95 (383)	-3752,90 (383)	-1716,86 (212)	-2948,54 (196)	-2943,60 (152)	-0,081 (142)	-0,067 (332)	-0,081 (212)	MIN
3	8261,78 (223)	5005,75 (223)	1955,92 (427)	4552,34 (276)	4552,34 (225)	0,091 (332)	0,076 (142)	0,075 (196)	MAX
	-6905,20 (383)	-4452,50 (383)	-1956,94 (212)	-3281,51 (196)	-3276,33 (152)	-0,091 (142)	-0,076 (332)	-0,092 (212)	MIN
4	9205,85 (223)	5433,87 (223)	2196,08 (427)	5111,87 (276)	5111,87 (225)	0,101 (332)	0,084 (142)	0,083 (196)	MAX
	-7801,89 (383)	-5163,90 (383)	-2197,17 (212)	-3616,82 (196)	-3611,49 (152)	-0,101 (142)	-0,084 (332)	-0,102 (212)	MIN

## Verifiche strutturali

### Verifica flessione

#### Simbologia adottata

Is	Identificativo tratto-sezione-direzione (P: direzione principale, S: direzione secondaria)
A <sub>i</sub>	Area di armatura lembo inferiore espressa in [mmq]
A <sub>s</sub>	Area di armatura lembo superiore espressa in [mmq]
M <sub>p</sub>	Momento positivo espresso in [kNm]
N <sub>p</sub>	Sforzo positivo negativo espresso in [kN]
M <sub>n</sub>	Momento negativo espresso in [kNm]
N <sub>n</sub>	Sforzo normale negativo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	Momento ultimo espresso in [kNm]
N <sub>u</sub>	Sforzo normale ultimo espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

Is	A <sub>i</sub> [mmq]	A <sub>s</sub> [mmq]	M <sub>p</sub> [kNm]	N <sub>p</sub> [kN]	M <sub>n</sub> [kNm]	N <sub>n</sub> [kN]	M <sub>u</sub> [kNm]	N <sub>u</sub> [kN]	FS
1-37-P	6434	3217	0,50	-0,44	-5,24	-0,44	-976,85	-82,63	186.566
2-53-P	4825	2413	0,03	-0,32	-5,36	-0,32	-739,71	-44,27	137.921
3-40-P	32170	16085	44,77	6,13	-67,58	6,13	-7575,92	687,28	112.109
4-53-P	32170	16085	7,64	14,99	-147,88	14,99	-7623,86	772,82	51.555
5-51-P	32170	16085	45,26	25,11	-335,89	25,11	-9864,59	737,51	29.368
6-61-P	32170	16085	0,78	22,95	-553,99	40,48	-9851,78	719,80	17.783
7-58-P	32170	16085	1,39	12,23	-1064,79	68,16	-12159,25	778,31	11.419
8-64-P	32170	16889	0,00	0,00	-1442,91	82,93	-12685,27	729,06	8.791
9-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-2705,63	157,09	-14488,50	841,21	5.355
10-57-P	32170	16889	0,00	0,00	-4794,84	313,37	-17941,76	1172,61	3.742
11-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-5999,95	284,67	-16701,56	792,40	2.784
12-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-7120,67	186,52	-16258,99	425,89	2.283
13-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-7108,80	9,62	-15770,48	21,34	2.218
14-60-P	32170	16889	0,00	0,00	-6008,77	-107,69	-16169,82	-289,79	2.691
15-57-P	32170	17693	0,00	0,00	-4791,49	-176,36	-16558,13	-609,44	3.456
16-60-P	32170	16085	0,00	0,00	-2707,06	-81,89	-13181,97	-398,75	4.869
17-54-P	32170	16085	34,47	-54,40	-1650,12	-70,69	-13012,56	-557,47	7.886
18-57-P	32170	16085	5,21	-26,56	-1064,12	-45,43	-11044,64	-471,49	10.379
19-60-P	32170	16085	1,52	-16,61	-563,04	-28,33	-8998,07	-452,72	15.981
20-51-P	32170	16085	45,42	-22,30	-335,82	-22,30	-8896,57	-590,86	26.492
21-53-P	32170	16085	7,66	-16,32	-147,82	-16,32	-6766,72	-747,12	45.777
22-40-P	32170	16085	44,79	-8,75	-67,56	-8,75	-6698,51	-867,30	99.145
23-53-P	4021	1608	0,03	-1,14	-5,36	-1,14	-466,08	-99,56	86.970
24-37-P	5630	2413	0,50	-1,26	-5,23	-1,26	-691,52	-167,25	132.218
25-27-S	10468	10468	20,70	12,43	-0,26	12,43	4227,84	2538,12	204.273
26-27-S	12315	12315	61,09	18,36	0,00	18,36	5190,37	1559,81	84.963
27-32-S	12315	12315	133,81	21,32	0,00	0,00	5987,44	954,10	44.745
28-36-S	12315	12315	243,77	26,43	0,00	0,00	7698,29	834,68	31.581
29-39-S	12315	13547	467,05	25,70	0,00	0,00	7404,35	407,38	15.853
30-42-S	12315	12315	826,17	29,19	0,00	0,00	8662,67	306,04	10.485
31-44-S	12315	13547	1456,83	34,10	0,00	0,00	10622,79	248,67	7.292
32-46-S	12315	14162	2338,27	23,57	0,00	0,00	11145,91	112,37	4.767
33-47-S	12315	12315	3586,51	2,73	0,00	0,00	11992,70	9,14	3.344
34-49-S	12315	16010	6309,64	-83,64	0,00	0,00	15942,50	-211,32	2.527
35-52-S	12315	12315	5046,56	-30,59	0,00	0,00	16299,00	-98,78	3.230
36-60-S	12315	12315	1406,20	-80,19	-1197,51	-80,19	11205,96	-639,04	7.969
37-36-S	12315	12315	1233,01	-92,16	-1676,28	-92,16	-11235,52	-617,72	6.703
38-47-S	12315	12315	0,00	0,00	-5295,79	-21,69	-16352,41	-66,98	3.088
39-47-S	12315	15394	0,00	0,00	-6739,44	-45,71	-20284,62	-137,57	3.010
40-46-S	12315	12315	0,00	0,00	-4114,98	-42,06	-11835,77	-120,97	2.876
41-45-S	12315	14162	0,00	0,00	-2865,14	-40,97	-12434,52	-177,80	4.340
42-44-S	12315	13547	0,00	0,00	-2056,17	-34,13	-11183,02	-185,63	5.439
43-42-S	12315	12315	0,00	0,00	-1347,91	-29,14	-8255,62	-178,47	6.125
44-39-S	12315	13547	0,00	0,00	-860,66	-25,70	-7642,70	-228,25	8.880
45-36-S	12315	12315	0,00	0,00	-526,80	-26,45	-6859,14	-344,34	13.020
46-32-S	12315	12315	0,00	0,00	-308,79	-21,33	-5278,48	-364,61	17.094
47-27-S	12315	12315	0,00	0,00	-128,25	-18,36	-4227,52	-605,31	32.964
48-19-S	11699	11699	0,00	-6,70	-55,18	-16,66	-3273,23	-988,40	59.322

## Verifica a punzonamento

### Simbologia adottata

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

OP	P	c1	c2	d	u0	u1	ρy	ρz	dpc	duc	nsc	nc
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]	[%]	[mm]	[mm]		
Piastra n° 1	17,18; 15,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,16; 15,26	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,14; 15,39	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,11; 15,52	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,08; 15,65	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	17,03; 15,77	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,98; 15,89	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,93; 16,01	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,86; 16,13	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,79; 16,24	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,71; 16,34	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,63; 16,44	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,54; 16,54	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,44; 16,63	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,34; 16,71	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,24; 16,79	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,13; 16,86	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	16,01; 16,93	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,89; 16,98	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,77; 17,03	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,65; 17,08	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,52; 17,11	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,39; 17,14	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,26; 17,16	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,13; 17,17	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	15,00; 17,18	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,87; 17,17	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,74; 17,16	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,61; 17,14	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,48; 17,11	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,35; 17,08	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,23; 17,03	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	14,11; 16,98	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,99; 16,93	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,87; 16,86	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,76; 16,79	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,66; 16,71	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,56; 16,63	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,46; 16,54	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,37; 16,44	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,29; 16,34	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,21; 16,24	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,14; 16,13	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,07; 16,01	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	13,02; 15,89	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,97; 15,77	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,92; 15,65	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,89; 15,52	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,86; 15,39	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,84; 15,26	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,83; 15,13	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,83; 15,00	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,83; 14,87	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,84; 14,74	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,86; 14,61	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,89; 14,48	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0
Piastra n° 1	12,92; 14,35	300	300	3469	1200	44654	0.00000	0.00000	0	0	0	0



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

Combinazione n° 1

OP	P	V <sub>Ed,i</sub> [N/mmq]	V <sub>Rd,max</sub> [N/mmq]	V <sub>Ed,f</sub> [N/mmq]	V <sub>Rd,cf</sub> [N/mmq]	V <sub>Rd,cs</sub> [N/mmq]	FS
Piastra n° 1	17,18; 15,00	1,412	5,291	0,000	0,295	0,000	3.746
Piastra n° 1	17,16; 15,26	1,402	5,291	0,000	0,295	0,000	3.775
Piastra n° 1	17,14; 15,39	1,388	5,291	0,000	0,295	0,000	3.811
Piastra n° 1	17,11; 15,52	1,370	5,291	0,000	0,295	0,000	3.863
Piastra n° 1	17,08; 15,65	1,346	5,291	0,000	0,295	0,000	3.932
Piastra n° 1	17,03; 15,77	1,317	5,291	0,000	0,295	0,000	4.019
Piastra n° 1	16,98; 15,89	1,282	5,291	0,000	0,295	0,000	4.126
Piastra n° 1	16,93; 16,01	1,243	5,291	0,000	0,295	0,000	4.255
Piastra n° 1	16,86; 16,13	1,200	5,291	0,000	0,295	0,000	4.411
Piastra n° 1	16,79; 16,24	1,151	5,291	0,000	0,295	0,000	4.596
Piastra n° 1	16,71; 16,34	1,098	5,291	0,000	0,295	0,000	4.817
Piastra n° 1	16,63; 16,44	1,041	5,291	0,000	0,295	0,000	5.081
Piastra n° 1	16,54; 16,54	0,980	5,291	0,000	0,295	0,000	5.398
Piastra n° 1	16,44; 16,63	0,915	5,291	0,000	0,295	0,000	5.781
Piastra n° 1	16,34; 16,71	0,847	5,291	0,000	0,295	0,000	6.248
Piastra n° 1	16,24; 16,79	0,775	5,291	0,000	0,295	0,000	6.827
Piastra n° 1	16,13; 16,86	0,700	5,291	0,000	0,295	0,000	7.557
Piastra n° 1	16,01; 16,93	0,622	5,291	0,000	0,295	0,000	8.500
Piastra n° 1	15,89; 16,98	0,542	5,291	0,000	0,295	0,000	9.756
Piastra n° 1	15,77; 17,03	0,460	5,291	0,000	0,295	0,000	11.503
Piastra n° 1	15,65; 17,08	0,376	5,291	0,000	0,295	0,000	14.083
Piastra n° 1	15,52; 17,11	0,290	5,291	0,000	0,295	0,000	18.256
Piastra n° 1	15,39; 17,14	0,203	5,291	0,000	0,295	0,000	26.108
Piastra n° 1	15,26; 17,16	0,115	5,291	0,000	0,295	0,000	46.198
Piastra n° 1	15,13; 17,17	0,026	5,291	0,000	0,295	0,000	205.498
Piastra n° 1	15,00; 17,18	0,063	5,291	0,002	0,295	0,000	83.508
Piastra n° 1	14,87; 17,17	0,152	5,291	0,004	0,295	0,000	34.703
Piastra n° 1	14,74; 17,16	0,241	5,291	0,006	0,295	0,000	21.932
Piastra n° 1	14,61; 17,14	0,329	5,291	0,009	0,295	0,000	16.064
Piastra n° 1	14,48; 17,11	0,417	5,291	0,011	0,295	0,000	12.702
Piastra n° 1	14,35; 17,08	0,502	5,291	0,014	0,295	0,000	10.531
Piastra n° 1	14,23; 17,03	0,587	5,291	0,016	0,295	0,000	9.019
Piastra n° 1	14,11; 16,98	0,669	5,291	0,018	0,295	0,000	7.908
Piastra n° 1	13,99; 16,93	0,749	5,291	0,020	0,295	0,000	7.062
Piastra n° 1	13,87; 16,86	0,827	5,291	0,022	0,295	0,000	6.399
Piastra n° 1	13,76; 16,79	0,902	5,291	0,024	0,295	0,000	5.868
Piastra n° 1	13,66; 16,71	0,974	5,291	0,026	0,295	0,000	5.435
Piastra n° 1	13,56; 16,63	1,042	5,291	0,028	0,295	0,000	5.078

OP	P	V <sub>Ed,i</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	V <sub>Rd,max</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	V <sub>Ed,f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	V <sub>Rd,cf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	V <sub>Rd,cs</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	FS
Piastra n° 1	13,46; 16,54	1,107	5,291	0,030	0,295	0,000	4.780
Piastra n° 1	13,37; 16,44	1,168	5,291	0,031	0,295	0,000	4.530
Piastra n° 1	13,29; 16,34	1,225	5,291	0,033	0,295	0,000	4.319
Piastra n° 1	13,21; 16,24	1,278	5,291	0,034	0,295	0,000	4.140
Piastra n° 1	13,14; 16,13	1,326	5,291	0,036	0,295	0,000	3.989
Piastra n° 1	13,07; 16,01	1,370	5,291	0,037	0,295	0,000	3.862
Piastra n° 1	13,02; 15,89	1,409	5,291	0,038	0,295	0,000	3.755
Piastra n° 1	12,97; 15,77	1,443	5,291	0,039	0,295	0,000	3.666
Piastra n° 1	12,92; 15,65	1,472	5,291	0,040	0,295	0,000	3.594
Piastra n° 1	12,89; 15,52	1,496	5,291	0,040	0,295	0,000	3.536
Piastra n° 1	12,86; 15,39	1,515	5,291	0,041	0,295	0,000	3.492
Piastra n° 1	12,84; 15,26	1,528	5,291	0,041	0,295	0,000	3.462
Piastra n° 1	12,83; 15,13	1,537	5,291	0,041	0,295	0,000	3.444
Piastra n° 1	12,83; 15,00	1,539	5,291	0,041	0,295	0,000	3.438
Piastra n° 1	12,83; 14,87	1,537	5,291	0,041	0,295	0,000	3.444
Piastra n° 1	12,84; 14,74	1,528	5,291	0,041	0,295	0,000	3.462
Piastra n° 1	12,86; 14,61	1,515	5,291	0,041	0,295	0,000	3.492
Piastra n° 1	12,89; 14,48	1,496	5,291	0,040	0,295	0,000	3.536
Piastra n° 1	12,92; 14,35	1,472	5,291	0,040	0,295	0,000	3.594
Piastra n° 1	12,97; 14,23	1,443	5,291	0,039	0,295	0,000	3.666
Piastra n° 1	13,02; 14,11	1,409	5,291	0,038	0,295	0,000	3.755
Piastra n° 1	13,07; 13,99	1,370	5,291	0,037	0,295	0,000	3.862
Piastra n° 1	13,14; 13,87	1,326	5,291	0,036	0,295	0,000	3.989
Piastra n° 1	13,21; 13,76	1,278	5,291	0,034	0,295	0,000	4.140
Piastra n° 1	13,29; 13,66	1,225	5,291	0,033	0,295	0,000	4.319
Piastra n° 1	13,37; 13,56	1,168	5,291	0,031	0,295	0,000	4.530
Piastra n° 1	13,46; 13,46	1,107	5,291	0,030	0,295	0,000	4.780
Piastra n° 1	13,56; 13,37	1,042	5,291	0,028	0,295	0,000	5.078
Piastra n° 1	13,66; 13,29	0,974	5,291	0,026	0,295	0,000	5.435
Piastra n° 1	13,76; 13,21	0,902	5,291	0,024	0,295	0,000	5.868
Piastra n° 1	13,87; 13,14	0,827	5,291	0,022	0,295	0,000	6.399
Piastra n° 1	13,99; 13,07	0,749	5,291	0,020	0,295	0,000	7.062
Piastra n° 1	14,11; 13,02	0,669	5,291	0,018	0,295	0,000	7.908
Piastra n° 1	14,23; 12,97	0,587	5,291	0,016	0,295	0,000	9.019
Piastra n° 1	14,35; 12,92	0,502	5,291	0,014	0,295	0,000	10.531
Piastra n° 1	14,48; 12,89	0,417	5,291	0,011	0,295	0,000	12.702
Piastra n° 1	14,61; 12,86	0,329	5,291	0,009	0,295	0,000	16.064
Piastra n° 1	14,74; 12,84	0,241	5,291	0,006	0,295	0,000	21.932
Piastra n° 1	14,87; 12,83	0,152	5,291	0,004	0,295	0,000	34.703
Piastra n° 1	15,00; 12,83	0,063	5,291	0,002	0,295	0,000	83.508
Piastra n° 1	15,13; 12,83	0,026	5,291	0,000	0,295	0,000	205.498
Piastra n° 1	15,26; 12,84	0,115	5,291	0,000	0,295	0,000	46.198
Piastra n° 1	15,39; 12,86	0,203	5,291	0,000	0,295	0,000	26.108
Piastra n° 1	15,52; 12,89	0,290	5,291	0,000	0,295	0,000	18.256
Piastra n° 1	15,65; 12,92	0,376	5,291	0,000	0,295	0,000	14.083
Piastra n° 1	15,77; 12,97	0,460	5,291	0,000	0,295	0,000	11.503
Piastra n° 1	15,89; 13,02	0,542	5,291	0,000	0,295	0,000	9.756
Piastra n° 1	16,01; 13,07	0,622	5,291	0,000	0,295	0,000	8.500
Piastra n° 1	16,13; 13,14	0,700	5,291	0,000	0,295	0,000	7.557
Piastra n° 1	16,24; 13,21	0,775	5,291	0,000	0,295	0,000	6.827
Piastra n° 1	16,34; 13,29	0,847	5,291	0,000	0,295	0,000	6.248
Piastra n° 1	16,44; 13,37	0,915	5,291	0,000	0,295	0,000	5.781
Piastra n° 1	16,54; 13,46	0,980	5,291	0,000	0,295	0,000	5.398
Piastra n° 1	16,63; 13,56	1,041	5,291	0,000	0,295	0,000	5.081
Piastra n° 1	16,71; 13,66	1,098	5,291	0,000	0,295	0,000	4.817
Piastra n° 1	16,79; 13,76	1,151	5,291	0,000	0,295	0,000	4.596
Piastra n° 1	16,86; 13,87	1,200	5,291	0,000	0,295	0,000	4.411
Piastra n° 1	16,93; 13,99	1,243	5,291	0,000	0,295	0,000	4.255
Piastra n° 1	16,98; 14,11	1,282	5,291	0,000	0,295	0,000	4.126
Piastra n° 1	17,03; 14,23	1,317	5,291	0,000	0,295	0,000	4.019
Piastra n° 1	17,08; 14,35	1,346	5,291	0,000	0,295	0,000	3.932
Piastra n° 1	17,11; 14,48	1,370	5,291	0,000	0,295	0,000	3.863
Piastra n° 1	17,14; 14,61	1,388	5,291	0,000	0,295	0,000	3.811
Piastra n° 1	17,16; 14,74	1,402	5,291	0,000	0,295	0,000	3.775

### 7.3 VERIFICA EQUILIBRIO DI CORPO RIGIDO

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

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

		Coefficiente	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G <sub>i</sub>	Favorevoli	γ <sub>F</sub>	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli	γ <sub>G1</sub>	1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali G <sub>e</sub> <sup>(1)</sup>	Favorevoli	γ <sub>G2</sub>	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ <sub>Q</sub>	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

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

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

Pertanto:

Peso proprio struttura in elevazione: 7034 kN

Peso proprio fondazione: 18533 kN

Peso terreno rinterro: 17540 kN

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

$M_{STAB}=0,9 (7034+18533+17540) \cdot 24,00/2=465555$  kNm (momento stabilizzante)

$FS= M_{STAB} / M_{RIB}= 1.94$

#### 7.4 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

---

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

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

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

#### FONDAZIONI SUPERFICIALI DIRETTE

##### *Verifica tensioni (combinazioni SLE)*

##### **Piastra**

Simbologia adottata

$I_s$	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]
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fi}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fs}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]

Combinazione n° 2

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	oc [N/mmqa]	ofi [N/mmqa]	ofs [N/mmqa]
1-12-P	27344	13672	8,99	-0,08	0,37	0,22	0,033	0,433	0,437
1-37-P	6434	3217	0,16	-1,19	-0,24	-0,24	0,014	0,163	0,503
2-19-P	32170	19302	25,51	-0,29	-1,08	-0,73	0,063	0,981	0,842
2-16-P	32170	18498	19,04	-0,37	-0,80	-0,78	0,048	0,734	0,642
3-24-P	32170	16085	53,41	-4,39	-3,26	-3,26	0,096	1,608	1,319
3-18-P	32170	22519	34,10	-1,49	-3,82	-3,82	0,057	1,094	0,769
4-20-P	32170	17693	66,24	-1,39	-7,88	-7,88	0,113	2,034	1,533
4-26-P	32170	22519	88,17	-8,90	-7,19	-7,19	0,109	2,253	1,489
4-53-P	32170	16085	1,15	-38,41	7,99	7,99	0,062	0,816	1,898
5-28-P	32170	16085	160,96	-10,13	-12,90	-12,90	0,197	3,812	2,731
5-31-P	32170	20106	180,18	-18,51	-11,71	-11,71	0,191	4,013	2,658
5-50-P	32170	16085	22,44	-119,51	12,91	12,91	0,135	1,807	4,742
6-35-P	32170	16889	341,64	-24,78	-17,98	-17,98	0,307	6,522	4,308
6-25-P	32170	19302	247,08	-0,03	-21,87	-3,86	0,281	5,831	3,893
6-49-P	32170	16889	69,19	-234,22	17,98	17,98	0,199	2,709	7,298
7-31-P	32170	16889	533,52	-0,07	-35,59	-6,31	0,475	10,282	6,668
7-32-P	32170	20106	559,48	-0,33	-36,35	-12,63	0,456	10,482	6,391
7-58-P	32170	16085	6,76	-427,70	36,35	36,35	0,368	5,008	13,871
8-37-P	32170	16085	1002,81	-2,10	-56,05	-19,26	0,707	16,326	9,995
8-32-P	32170	30561	875,66	0,00	-58,18	0,00	0,486	14,005	6,808
8-54-P	32170	16085	43,18	-765,45	56,06	56,06	0,526	7,241	20,922
9-33-P	32170	16085	1389,76	0,00	-83,82	0,00	0,977	22,704	13,807
9-39-P	32170	24932	1752,95	0,00	-106,76	0,00	0,860	24,531	12,168
9-60-P	32170	16085	0,00	-1213,07	0,00	83,78	0,832	11,444	33,299
10-38-P	32170	16889	2891,05	0,00	-167,20	0,00	1,610	40,953	22,877
10-39-P	32170	18498	3059,72	0,00	-183,67	0,00	1,572	41,873	22,349
10-57-P	32170	16889	0,00	-2318,02	0,00	167,13	1,304	18,159	51,760
11-36-P	32170	16085	3411,24	0,00	-152,04	0,00	1,944	47,829	27,656
11-41-P	32170	30561	5453,53	0,00	-182,81	0,00	1,607	54,379	22,988
11-60-P	32170	16085	0,00	-2895,20	0,00	151,82	1,627	22,567	69,356
12-36-P	32170	16085	4045,14	0,00	-99,51	0,00	2,339	55,690	33,310
12-40-P	32170	32170	6796,36	0,00	-80,05	0,00	2,009	65,640	28,767
12-55-P	32170	16085	0,00	-4682,46	0,00	11,19	1,663	23,354	86,510
13-36-P	32170	16085	4051,30	0,00	-5,15	0,00	2,381	54,582	33,952
13-40-P	32170	32170	6797,54	0,00	29,62	0,00	2,041	64,181	29,255
13-60-P	32170	16085	0,00	-3449,62	0,00	5,13	1,875	25,860	87,622
14-36-P	32170	16889	3407,54	0,00	57,66	0,00	2,002	45,032	28,557
14-41-P	32170	31366	5445,47	0,00	103,45	0,00	1,672	50,414	24,006
14-60-P	32170	16889	0,00	-2899,09	0,00	-57,43	1,535	21,166	71,905
15-39-P	32170	17693	3064,77	0,00	107,23	0,00	1,709	38,306	24,431
15-35-P	32170	32170	2278,60	0,00	62,19	0,00	1,081	28,857	15,332
15-57-P	32170	17693	0,00	-2315,60	0,00	-94,06	1,194	16,467	56,141
16-33-P	32170	16085	1387,67	0,00	43,68	0,00	1,033	21,065	14,673
16-35-P	32170	23323	1612,93	0,00	56,09	0,00	0,980	22,496	13,906
16-60-P	32170	16085	0,00	-1213,57	0,00	-43,67	0,782	10,629	36,950
17-37-P	32170	16085	1002,52	-2,10	37,67	13,40	0,749	15,143	10,642
17-32-P	32170	30561	874,44	0,00	34,37	0,00	0,521	12,740	7,352
17-54-P	32170	16085	43,72	-764,66	-37,70	-37,70	0,488	6,628	23,576
18-31-P	32170	16085	533,46	-0,07	24,22	4,52	0,514	9,549	7,243
18-32-P	32170	19302	559,22	-0,34	25,13	9,05	0,492	9,707	6,939
18-57-P	32170	16085	11,93	-437,12	-24,23	-24,23	0,350	4,687	15,936
19-35-P	32170	17693	341,28	-24,76	14,44	14,44	0,318	6,090	4,483
19-33-P	32170	20910	341,98	-15,62	16,70	16,70	0,302	6,018	4,247
19-60-P	32170	16085	1,31	-183,35	-15,11	-15,11	0,191	2,502	8,283
20-28-P	32170	16085	160,96	-10,13	11,50	11,50	0,211	3,504	2,949
20-31-P	32170	19302	179,80	-18,56	10,48	10,48	0,206	3,727	2,879
20-50-P	32170	16085	22,54	-119,58	-11,51	-11,51	0,124	1,618	5,450
21-20-P	32170	16889	66,08	-1,39	8,56	8,56	0,126	1,824	1,729
21-29-P	32170	20106	92,30	-11,99	6,58	6,58	0,119	2,081	1,654
21-53-P	32170	16085	1,16	-38,43	-8,70	-8,70	0,054	0,671	2,385
22-24-P	32170	16085	53,38	-4,40	4,66	4,66	0,102	1,506	1,401
22-16-P	32170	23323	30,98	-0,73	6,22	6,22	0,062	0,925	0,841
23-19-P	32170	19302	25,49	-0,30	2,77	1,35	0,066	0,929	0,884
23-16-P	32170	17693	19,00	-0,38	3,41	2,27	0,052	0,680	0,703
23-53-P	4021	1608	0,00	-1,13	-0,61	-0,61	0,019	0,211	1,069
24-12-P	26540	12868	8,98	-0,08	1,48	0,56	0,035	0,429	0,467
24-11-P	25736	12868	8,63	-0,05	1,59	0,60	0,034	0,422	0,461
24-37-P	5630	2413	0,16	-1,19	-0,67	-0,67	0,014	0,158	0,757
25-13-S	11084	11084	13,15	-0,06	8,09	8,09	0,069	1,223	0,896
25-27-S	10468	10468	12,46	-0,07	6,63	6,63	0,067	1,269	0,877
26-27-S	12315	12315	36,57	0,00	9,79	5,77	0,129	2,949	1,691
27-32-S	12315	12315	74,90	0,00	11,37	11,37	0,197	5,153	2,611
27-13-S	12315	17241	12,90	-3,53	11,52	11,52	0,045	0,746	0,597
27-3-S	8005	8005	3,81	-0,15	3,70	3,70	0,030	0,421	0,396
28-36-S	12315	12315	134,02	0,00	14,10	0,00	0,242	7,179	3,274
28-31-S	12315	14778	113,64	0,00	18,32	3,56	0,196	5,815	2,660
29-39-S	12315	13547	256,48	0,00	13,70	0,00	0,441	14,149	5,933
29-10-S	12315	19704	7,65	-6,48	10,04	10,04	0,025	0,343	0,333
30-42-S	12315	12315	455,22	0,00	15,57	0,00	0,631	21,493	8,608
30-28-S	12315	19704	148,56	0,00	32,27	0,00	0,197	6,202	2,698
30-14-S	12315	12315	7,39	-7,62	13,50	13,50	0,026	0,374	0,365
31-44-S	12315	13547	808,60	0,00	18,19	0,00	0,805	31,040	11,107
31-5-S	12315	12315	0,11	-1,75	3,80	3,80	0,010	0,137	0,067
32-45-S	12315	14162	1305,55	0,00	21,83	0,00	1,174	47,294	16,224
32-46-S	12315	14162	1305,83	0,00	12,57	0,00	1,170	47,634	16,158
33-46-S	12315	12315	2048,93	0,00	22,46	0,00	1,688	68,798	23,475
33-47-S	12315	12315	2049,23	0,00	1,46	0,00	1,679	69,553	23,329
34-46-S	12315	16010	3661,22	0,00	59,47	0,00	1,824	88,809	25,677

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	oc [N/mmqa]	ofi [N/mmqa]	ofs [N/mmqa]
34-49-S	12315	16010	3668,35	0,00	-44,61	0,00	1,791	92,749	25,139
35-44-S	12315	12315	3081,41	0,00	36,93	0,00	1,599	74,760	22,573
35-52-S	12315	12315	3068,80	0,00	-16,31	0,00	1,574	76,347	22,184
36-41-S	12315	12315	1358,58	-44,43	32,55	1,11	0,710	32,384	10,040
36-56-S	12315	16010	1309,41	-64,37	-58,11	-7,92	0,612	34,226	8,557
36-60-S	12315	12315	832,41	-447,18	-42,77	-42,77	0,662	29,804	16,729
37-60-S	12315	12315	807,66	-703,55	42,67	42,67	0,679	25,930	22,395
37-33-S	12315	24630	587,97	-454,25	-27,43	-27,43	0,372	20,582	8,416
38-51-S	12315	12315	0,00	-2241,01	0,00	8,64	1,157	16,316	55,019
38-37-S	12315	14778	290,39	-485,30	-122,61	-150,61	0,251	17,016	17,246
38-35-S	12315	16625	285,46	-438,25	-93,53	-93,53	0,282	13,128	13,634
39-49-S	12315	16010	0,00	-3048,33	0,00	45,39	1,488	21,156	58,035
39-24-S	12315	12315	166,69	-81,05	-24,59	-24,59	0,201	8,658	4,678
39-47-S	12315	15394	0,00	-3031,02	0,00	-24,38	1,446	20,503	61,057
40-47-S	12315	12315	0,00	-1812,82	0,00	-1,40	1,484	20,618	61,624
40-19-S	12315	12315	120,18	-17,79	-19,06	-19,06	0,184	7,268	2,441
40-31-S	12315	17241	0,00	-207,21	0,00	-60,53	0,157	2,128	7,445
41-46-S	12315	14162	0,00	-1230,99	0,00	-12,61	1,089	15,134	40,192
41-11-S	12315	19088	66,04	-0,27	-8,81	-8,81	0,133	5,151	1,699
41-30-S	12315	19704	0,00	-218,42	0,00	-48,16	0,187	2,567	6,894
42-44-S	12315	13547	0,00	-833,09	0,00	-18,20	0,811	11,205	30,465
42-11-S	12315	22167	62,60	-0,12	-10,14	-10,14	0,116	4,934	1,466
42-28-S	12315	16625	0,00	-148,49	0,00	-37,80	0,154	2,087	6,187
43-42-S	12315	12315	0,00	-505,82	0,00	-15,54	0,682	9,261	25,046
43-13-S	12315	16010	62,83	-1,39	-12,65	-12,65	0,134	5,083	1,710
43-27-S	12315	18473	0,00	-117,94	0,00	-28,47	0,166	2,236	5,246
44-39-S	12315	13547	0,00	-289,44	0,00	-13,71	0,482	6,488	15,566
44-15-S	12315	14162	48,17	-6,46	-14,83	-14,83	0,104	4,100	1,318
44-25-S	12315	14778	0,00	-74,83	0,00	-24,04	0,107	1,416	4,318
45-36-S	12315	12315	0,00	-150,38	0,00	-14,10	0,252	3,364	9,116
45-10-S	12315	15394	30,17	-2,08	-9,24	-9,24	0,094	3,248	1,153
45-31-S	12315	14778	0,00	-122,02	0,00	-18,32	0,190	2,552	6,407
46-32-S	12315	12315	0,00	-74,74	-9,13	-11,38	0,179	2,328	5,952
46-12-S	12315	15394	19,34	-5,54	-10,45	-10,45	0,059	2,321	0,768
46-22-S	12315	13547	7,45	-30,69	-14,92	-14,92	0,063	1,136	2,572
47-27-S	12315	12315	0,00	-19,71	-9,79	-9,79	0,057	0,697	2,136
47-20-S	12315	14778	3,16	-12,35	-11,28	-11,28	0,028	0,732	1,282
48-20-S	11699	11699	0,01	-9,93	-8,72	-8,72	0,033	0,387	1,442

Combinazione n° 3

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	oc [N/mmqa]	ofi [N/mmqa]	ofs [N/mmqa]
1-12-P	27344	13672	9,49	-0,17	0,42	0,33	0,035	0,456	0,461
1-8-P	21715	11259	7,00	-0,11	0,51	0,45	0,032	0,419	0,430
1-37-P	6434	3217	0,18	-1,74	-0,27	-0,27	0,020	0,243	0,724
2-19-P	32170	19302	28,04	-0,81	-1,22	-1,18	0,069	1,079	0,925
2-16-P	32170	18498	21,13	-0,69	-0,90	-0,94	0,053	0,814	0,712
2-53-P	4825	2413	0,01	-1,72	-0,19	-0,19	0,027	0,326	0,942
3-24-P	32170	16085	61,01	-5,97	-3,67	-3,67	0,110	1,835	1,507
3-16-P	32170	23323	35,41	-1,01	-4,15	-4,15	0,064	1,208	0,853
4-20-P	32170	17693	76,80	-1,89	-8,86	-8,86	0,131	2,355	1,780
4-26-P	32170	22519	102,53	-11,35	-8,09	-8,09	0,126	2,617	1,734
4-53-P	32170	16085	1,85	-52,35	8,99	8,99	0,084	1,097	2,640
5-28-P	32170	16085	187,96	-12,93	-14,51	-14,51	0,230	4,445	3,194
5-31-P	32170	20106	209,83	-23,29	-13,17	-13,17	0,223	4,667	3,099
5-50-P	32170	16085	28,61	-150,64	14,53	14,53	0,170	2,265	6,027
6-35-P	32170	16889	395,19	-32,00	-20,23	-20,23	0,355	7,537	4,988
6-25-P	32170	19302	284,16	-0,06	-24,60	-8,95	0,324	6,698	4,482
6-61-P	32170	16085	0,90	-235,49	24,29	24,29	0,266	3,553	9,377
7-31-P	32170	16889	612,44	-0,26	-40,04	-14,69	0,546	11,793	7,661
7-32-P	32170	20106	642,16	-0,88	-40,89	-22,06	0,524	12,020	7,342
7-58-P	32170	16085	5,68	-528,32	40,89	40,89	0,453	6,159	17,247
8-37-P	32170	16085	1144,84	-4,62	-63,06	-34,22	0,807	18,626	11,417
8-32-P	32170	30561	1001,74	0,00	-65,45	0,00	0,556	16,007	7,795
8-54-P	32170	16085	42,05	-904,91	63,06	63,06	0,621	8,540	24,824
9-33-P	32170	16085	1586,45	0,00	-94,30	0,00	1,116	25,900	15,771
9-35-P	32170	24127	1839,92	0,00	-111,16	0,00	1,034	27,913	14,592
9-60-P	32170	16085	0,00	-1449,53	0,00	94,25	0,992	13,639	39,955
10-38-P	32170	16889	3276,53	0,00	-188,10	0,00	1,825	46,395	25,937
10-39-P	32170	18498	3463,84	0,00	-206,63	0,00	1,781	47,387	25,309
10-57-P	32170	16889	0,00	-2701,28	0,00	188,02	1,517	21,125	60,497
11-36-P	32170	16085	3867,01	0,00	-171,04	0,00	2,204	54,203	31,360
11-41-P	32170	30561	6134,20	0,00	-205,66	0,00	1,808	61,166	25,857
11-60-P	32170	16085	0,00	-3375,75	0,00	170,80	1,894	26,277	81,043
12-36-P	32170	16085	4580,77	0,00	-111,95	0,00	2,649	63,054	37,725
12-40-P	32170	32170	7643,79	0,00	-90,05	0,00	2,259	73,825	32,353
12-55-P	32170	16085	0,00	-5393,95	0,00	12,59	1,916	26,901	99,663
13-36-P	32170	16085	4587,97	0,00	-5,79	0,00	2,697	61,812	38,450
13-40-P	32170	32170	7645,28	0,00	33,32	0,00	2,295	72,185	32,904
13-60-P	32170	16085	0,00	-4014,52	0,00	5,77	2,182	30,094	101,976
14-36-P	32170	16889	3862,95	0,00	64,87	0,00	2,269	51,057	32,370
14-41-P	32170	31366	6125,76	0,00	116,39	0,00	1,881	56,712	27,005
14-60-P	32170	16889	0,00	-3380,33	0,00	-64,61	1,790	24,694	83,777
15-39-P	32170	17693	3469,77	0,00	120,64	0,00	1,935	43,378	27,655
15-35-P	32170	32170	2590,98	0,00	69,97	0,00	1,229	32,824	17,430
15-57-P	32170	17693	0,00	-2698,81	0,00	-105,81	1,393	19,216	65,333
16-33-P	32170	16085	1584,13	0,00	49,14	0,00	1,179	24,056	16,745

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
16-35-P	32170	23323	1837,67	0,00	63,10	0,00	1,116	25,641	15,839
16-60-P	32170	16085	0,00	-1450,21	0,00	-49,13	0,936	12,722	44,067
17-37-P	32170	16085	1144,55	-4,63	42,38	23,51	0,855	17,296	12,145
17-33-P	32170	27344	1054,83	0,00	40,43	0,00	0,658	15,476	9,299
17-54-P	32170	16085	42,60	-904,00	-42,42	-42,42	0,578	7,851	27,810
18-31-P	32170	16085	612,38	-0,27	27,24	10,43	0,589	10,969	8,310
18-32-P	32170	19302	641,88	-0,89	28,27	15,66	0,565	11,149	7,960
18-57-P	32170	16085	11,33	-536,45	-27,26	-27,26	0,431	5,770	19,486
19-35-P	32170	17693	394,78	-31,97	16,25	16,25	0,368	7,051	5,182
19-33-P	32170	20910	395,64	-20,55	18,79	18,79	0,349	6,969	4,909
19-60-P	32170	16085	1,78	-242,51	-17,00	-17,00	0,254	3,333	10,869
20-28-P	32170	16085	187,99	-12,93	12,94	12,94	0,246	4,099	3,440
20-31-P	32170	19302	209,39	-23,36	11,79	11,79	0,240	4,346	3,349
20-50-P	32170	16085	28,72	-150,69	-12,94	-12,94	0,157	2,052	6,823
21-20-P	32170	16889	76,62	-1,89	9,63	9,63	0,145	2,118	2,001
21-29-P	32170	20106	107,16	-15,20	7,40	7,40	0,138	2,419	1,918
21-53-P	32170	16085	1,86	-52,35	-9,79	-9,79	0,074	0,934	3,188
22-24-P	32170	16085	60,97	-5,97	5,25	5,25	0,116	1,721	1,599
22-14-P	32170	23323	30,73	-0,48	6,69	6,69	0,068	0,982	0,914
22-6-P	32170	16085	14,94	-0,02	5,11	5,11	0,050	0,554	0,671
23-19-P	32170	19302	28,01	-0,81	3,12	2,63	0,073	1,021	0,973
23-16-P	32170	17693	21,09	-0,69	3,84	3,21	0,058	0,754	0,781
23-53-P	4021	1608	0,01	-1,72	-0,69	-0,69	0,031	0,342	1,556
24-12-P	26540	12868	9,48	-0,17	1,66	0,96	0,037	0,451	0,494
24-8-P	20910	10455	6,99	-0,11	1,89	1,49	0,035	0,409	0,473
24-37-P	5630	2413	0,18	-1,74	-0,76	-0,76	0,022	0,244	1,061
25-15-S	11699	11699	15,01	-0,08	9,78	9,78	0,074	1,303	0,968
25-27-S	10468	10468	13,39	-0,11	7,46	7,46	0,073	1,350	0,947
26-27-S	12315	12315	39,37	0,00	11,02	11,02	0,140	3,159	1,826
26-24-S	12315	14162	33,35	-0,07	11,97	11,97	0,114	2,564	1,490
27-32-S	12315	12315	82,36	0,00	12,79	12,79	0,217	5,656	2,874
27-13-S	12315	17241	13,90	-4,28	12,96	12,96	0,048	0,786	0,649
28-36-S	12315	12315	148,32	0,00	15,86	0,00	0,268	7,936	3,625
28-31-S	12315	14778	125,45	0,00	20,61	0,00	0,217	6,406	2,940
29-39-S	12315	13547	284,37	0,00	15,42	0,00	0,489	15,680	6,581
29-10-S	12315	19704	7,82	-7,74	11,30	11,30	0,029	0,402	0,348
29-12-S	12315	22783	10,60	-6,53	14,21	14,21	0,027	0,331	0,375
30-42-S	12315	12315	504,80	0,00	17,51	0,00	0,700	23,825	9,548
30-28-S	12315	19704	164,35	0,00	36,30	0,00	0,219	6,840	2,990
30-17-S	12315	19088	14,05	-5,89	21,29	16,47	0,033	0,352	0,466
31-44-S	12315	13547	895,26	0,00	20,46	0,00	0,892	34,356	12,300
32-45-S	12315	14162	1443,26	0,00	24,56	0,00	1,298	52,267	17,938
32-46-S	12315	14162	1443,57	0,00	14,14	0,00	1,293	52,650	17,865
33-46-S	12315	12315	2249,97	0,00	25,27	0,00	1,854	75,527	25,783
33-47-S	12315	12315	2250,31	0,00	1,64	0,00	1,843	76,376	25,618
34-46-S	12315	16010	4000,83	0,00	66,90	0,00	1,994	96,978	28,070
34-49-S	12315	16010	4008,79	0,00	-50,18	0,00	1,957	101,409	27,463
35-44-S	12315	12315	3321,02	0,00	41,55	0,00	1,724	80,511	24,338
35-52-S	12315	12315	3307,21	0,00	-18,35	0,00	1,696	82,305	23,903
36-36-S	12315	12315	907,90	-572,31	55,44	55,44	0,767	28,887	17,500
36-56-S	12315	16010	1353,60	-108,18	-65,37	-8,91	0,630	35,577	8,813
36-60-S	12315	12315	907,35	-573,83	-48,11	-48,11	0,721	32,542	21,221
37-60-S	12315	12315	853,45	-857,56	48,00	48,00	0,723	27,298	27,438
37-33-S	12315	24630	627,02	-562,20	-30,86	-30,86	0,396	22,010	10,364
38-47-S	12315	12315	0,00	-2752,68	0,00	-13,01	1,413	19,908	68,424
38-51-S	12315	12315	0,00	-2736,86	0,00	9,72	1,412	19,921	67,222
39-49-S	12315	16010	0,00	-3642,79	0,00	51,07	1,777	25,265	69,437
39-16-S	12315	24630	130,84	-24,19	-12,25	-12,25	0,166	7,785	2,149
39-47-S	12315	15394	0,00	-3624,70	0,00	-27,42	1,729	24,528	72,967
40-47-S	12315	12315	0,00	-2184,43	0,00	-1,58	1,788	24,846	74,253
40-18-S	12315	12315	131,17	-19,73	-18,92	-18,92	0,215	8,192	2,860
40-30-S	12315	22167	0,00	-251,57	0,00	-62,74	0,183	2,527	6,848
41-46-S	12315	14162	0,00	-1496,81	0,00	-14,19	1,325	18,410	48,836
41-39-S	12315	14162	0,00	-1088,72	0,00	-65,86	0,979	13,527	38,303
41-28-S	12315	13547	0,00	-205,39	0,00	-45,51	0,218	2,936	9,916
42-44-S	12315	13547	0,00	-1035,35	0,00	-20,48	1,009	13,942	37,792
42-11-S	12315	22167	77,13	-0,11	-11,41	-11,41	0,144	6,037	1,818
42-27-S	12315	19704	0,00	-189,90	0,00	-39,64	0,205	2,810	6,727
43-42-S	12315	12315	0,00	-647,06	0,00	-17,48	0,874	11,869	31,954
43-15-S	12315	12315	75,30	-2,68	-16,32	-16,32	0,177	6,175	2,281
43-28-S	12315	19704	0,00	-228,62	0,00	-36,29	0,270	3,707	8,130
44-39-S	12315	13547	0,00	-386,32	0,00	-15,42	0,645	8,691	20,683
44-24-S	12315	16625	0,00	-104,03	0,00	-27,27	0,149	1,992	5,184
45-36-S	12315	12315	0,00	-214,33	0,00	-15,87	0,362	4,840	12,840
45-10-S	12315	15394	36,34	-4,39	-10,39	-10,39	0,114	3,884	1,400
45-31-S	12315	14778	0,00	-180,80	0,00	-20,61	0,286	3,852	9,299
46-32-S	12315	12315	0,00	-112,90	-2,59	-12,80	0,274	3,573	8,832
46-12-S	12315	15394	22,53	-10,42	-11,76	-11,76	0,069	2,687	1,195
46-20-S	12315	16010	7,10	-38,58	-16,81	-16,81	0,077	1,188	2,689
47-27-S	12315	12315	0,00	-34,75	-11,02	-11,02	0,106	1,326	3,533
47-25-S	12315	13547	0,22	-32,59	-11,66	-11,66	0,096	1,205	3,064
48-20-S	11699	11699	0,01	-15,63	-9,81	-9,81	0,057	0,681	2,112

Combinazione n° 4

Is	Afi [mmq]	Afs [mmq]	Mp [kNm]	Np [kN]	Mn [kNm]	Nn [kN]	oc [N/mmqa]	ofi [N/mmqa]	ofs [N/mmqa]
1-12-P	27344	13672	10,16	-0,37	0,47	0,43	0,037	0,488	0,494
1-8-P	21715	11259	7,59	-0,24	0,57	0,57	0,035	0,454	0,467
1-37-P	6434	3217	0,23	-2,48	-0,30	-0,30	0,029	0,350	1,019
2-19-P	32170	19302	31,40	-1,60	-1,35	-1,35	0,078	1,208	1,036
2-16-P	32170	18498	23,78	-1,14	-1,00	-1,04	0,060	0,916	0,801
2-53-P	4825	2413	0,01	-2,51	-0,21	-0,21	0,040	0,480	1,361
3-24-P	32170	16085	70,39	-7,80	-4,08	-4,08	0,127	2,116	1,741
3-19-P	32170	22519	47,81	-3,35	-4,92	-4,92	0,074	1,441	0,997
3-40-P	32170	16085	23,64	-33,96	4,09	4,09	0,054	0,697	1,763
4-29-P	32170	20106	125,33	-18,72	-7,38	-7,38	0,152	3,036	2,105
4-26-P	32170	22519	119,72	-14,08	-8,98	-8,98	0,148	3,050	2,029
4-53-P	32170	16085	3,04	-71,40	9,99	9,99	0,113	1,477	3,666
5-28-P	32170	16085	219,36	-16,01	-16,12	-16,12	0,269	5,177	3,735
5-31-P	32170	20106	244,54	-28,46	-14,63	-14,63	0,261	5,430	3,617
5-50-P	32170	16085	35,55	-187,89	16,14	16,14	0,211	2,810	7,574
6-35-P	32170	16889	456,53	-39,66	-22,48	-22,48	0,411	8,696	5,769
6-25-P	32170	19302	325,80	-0,10	-27,33	-9,94	0,372	7,669	5,146
6-61-P	32170	16085	1,07	-304,61	26,98	26,98	0,342	4,563	12,256
7-31-P	32170	16889	699,95	-0,65	-44,49	-16,32	0,625	13,461	8,766
7-32-P	32170	20106	734,01	-1,76	-45,43	-24,52	0,600	13,722	8,401
7-58-P	32170	16085	3,86	-637,86	25,88	45,44	0,546	7,410	20,935
8-37-P	32170	16085	1300,47	-8,11	-70,06	-53,35	0,918	21,139	12,980
8-32-P	32170	30561	1138,79	0,00	-72,72	0,00	0,633	18,174	8,872
8-54-P	32170	16085	37,62	-1047,86	70,07	70,07	0,718	9,871	28,829
9-33-P	32170	16085	1797,16	0,00	-104,77	0,00	1,265	29,314	17,881
9-35-P	32170	24127	2080,09	0,00	-123,51	0,00	1,170	31,527	16,510
9-60-P	32170	16085	0,00	-1694,31	0,00	104,73	1,157	15,909	46,856
10-38-P	32170	16889	3682,24	0,00	-209,00	0,00	2,052	52,109	29,164
10-39-P	32170	18498	3888,88	0,00	-229,59	0,00	2,000	53,170	28,429
10-57-P	32170	16889	0,00	-3088,68	0,00	208,92	1,732	24,121	69,335
11-36-P	32170	16085	4345,32	0,00	-190,05	0,00	2,478	60,880	35,252
11-41-P	32170	30561	6840,48	0,00	-228,51	0,00	2,016	68,198	28,838
11-60-P	32170	16085	0,00	-3862,01	0,00	189,78	2,165	30,030	92,875
12-36-P	32170	16085	5141,29	0,00	-124,39	0,00	2,974	70,754	42,349
12-40-P	32170	32170	8518,31	0,00	-100,06	0,00	2,518	82,268	36,056
12-60-P	32170	16085	0,00	-4593,41	0,00	124,35	2,539	35,132	113,331
13-36-P	32170	16085	5149,50	0,00	-6,43	0,00	3,027	69,377	43,157
13-40-P	32170	32170	8519,89	0,00	37,02	0,00	2,558	80,445	36,668
13-60-P	32170	16085	0,00	-4585,31	0,00	6,41	2,492	34,371	116,480
14-36-P	32170	16889	4340,83	0,00	72,08	0,00	2,549	57,384	36,370
14-41-P	32170	31366	6831,32	0,00	129,32	0,00	2,098	63,251	30,113
14-60-P	32170	16889	0,00	-3867,42	0,00	-71,79	2,049	28,266	95,790
15-39-P	32170	17693	3895,68	0,00	134,04	0,00	2,172	48,720	31,042
15-35-P	32170	32170	2921,38	0,00	77,74	0,00	1,385	37,025	19,647
15-57-P	32170	17693	0,00	-3086,26	0,00	-117,57	1,595	21,996	74,623
16-33-P	32170	16085	1794,59	0,00	54,60	0,00	1,335	27,265	18,963
16-35-P	32170	23323	2077,63	0,00	70,12	0,00	1,261	29,005	17,899
16-60-P	32170	16085	0,00	-1695,20	0,00	-54,59	1,095	14,891	51,430
17-37-P	32170	16085	1300,20	-8,12	47,08	36,23	0,971	19,661	13,790
17-33-P	32170	27344	1198,65	0,00	44,92	0,00	0,747	17,599	10,561
17-54-P	32170	16085	38,15	-1046,88	-47,13	-47,13	0,670	9,105	32,148
18-31-P	32170	16085	699,90	-0,66	30,27	11,58	0,673	12,547	9,491
18-32-P	32170	19302	733,70	-1,76	31,41	17,40	0,645	12,755	9,093
18-57-P	32170	16085	8,69	-643,11	-23,94	-30,28	0,518	6,934	23,291
19-35-P	32170	17693	456,07	-39,62	18,05	18,05	0,425	8,155	5,982
19-33-P	32170	20910	456,82	-25,86	20,87	20,87	0,403	8,057	5,662
19-60-P	32170	16085	1,98	-311,94	-18,89	-18,89	0,328	4,312	13,894
20-28-P	32170	16085	219,42	-16,02	14,38	14,38	0,287	4,794	4,009
20-31-P	32170	19302	244,05	-28,54	13,10	13,10	0,279	5,073	3,898
20-50-P	32170	16085	35,69	-187,92	-14,38	-14,38	0,196	2,573	8,458
21-20-P	32170	16889	88,95	-2,49	10,70	10,70	0,169	2,465	2,318
21-29-P	32170	20106	125,19	-18,75	8,23	8,23	0,161	2,237	2,237
21-53-P	32170	16085	3,06	-71,39	-10,88	-10,88	0,103	1,296	4,275
22-24-P	32170	16085	70,35	-7,80	5,83	5,83	0,134	1,989	1,843
22-15-P	32170	24127	37,86	-0,99	7,88	7,88	0,075	1,125	1,013
22-40-P	32170	16085	23,65	-33,97	-5,83	-5,83	0,048	0,769	2,054
23-19-P	32170	19302	31,37	-1,61	3,47	3,47	0,081	1,143	1,089
23-16-P	32170	17693	23,74	-1,14	4,27	3,57	0,065	0,849	0,879
23-53-P	4021	1608	0,01	-2,51	-0,76	-0,76	0,046	0,519	2,199
24-2-P	5630	2413	2,02	-0,04	0,84	0,84	0,040	0,424	0,536
24-12-P	26540	12868	10,15	-0,37	1,85	1,45	0,040	0,482	0,530
24-37-P	5630	2413	0,23	-2,48	-0,84	-0,84	0,032	0,362	1,464
25-15-S	11699	11699	16,13	-0,10	10,87	10,87	0,080	1,388	1,046
25-27-S	10468	10468	14,35	-0,15	8,28	8,28	0,078	1,435	1,020
26-27-S	12315	12315	42,28	0,00	12,24	12,24	0,150	3,378	1,967
27-32-S	12315	12315	90,17	0,00	14,22	5,74	0,237	6,185	3,149
27-13-S	12315	17241	14,92	-4,98	14,40	14,40	0,052	0,828	0,701
28-36-S	12315	12315	163,24	0,00	17,62	0,00	0,295	8,728	3,992
28-31-S	12315	14778	137,81	0,00	22,90	0,00	0,239	7,028	3,232
29-39-S	12315	13547	313,13	0,00	17,13	0,00	0,538	17,260	7,248
29-12-S	12315	22783	10,64	-7,27	15,78	15,78	0,028	0,368	0,386
30-42-S	12315	12315	555,41	0,00	19,46	0,00	0,770	26,207	10,507
30-28-S	12315	19704	180,91	0,00	40,34	0,00	0,241	7,516	3,294
30-17-S	12315	19088	13,33	-5,81	23,66	18,29	0,032	0,369	0,460
31-44-S	12315	13547	983,06	0,00	22,74	0,00	0,979	37,716	13,508
32-45-S	12315	14162	1582,09	0,00	27,29	0,00	1,422	57,282	19,667
32-46-S	12315	14162	1582,45	0,00	15,72	0,00	1,418	57,708	19,585
33-46-S	12315	12315	2450,46	0,00	28,08	0,00	2,019	82,237	28,084



Is	Afi	Afs	Mp	Np	Mn	Nn	σc	σfi	σfs
	[mmq]	[mmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
33-47-S	12315	12315	2450,83	0,00	1,82	0,00	2,008	83,181	27,902
34-46-S	12315	16010	4335,88	0,00	74,34	0,00	2,161	105,033	30,430
34-49-S	12315	16010	4344,74	0,00	-55,76	0,00	2,121	109,957	29,757
35-44-S	12315	12315	3553,87	0,00	46,16	0,00	1,845	86,095	26,053
35-52-S	12315	12315	3538,59	0,00	-20,39	0,00	1,815	88,091	25,571
36-36-S	12315	12315	978,96	-704,33	61,60	61,60	0,828	31,085	21,766
36-56-S	12315	16010	1390,57	-154,70	-72,63	-9,90	0,645	36,750	9,019
36-60-S	12315	12315	978,41	-706,42	-53,46	-53,46	0,777	35,147	25,914
37-60-S	12315	12315	893,77	-1020,68	53,34	53,34	0,858	28,481	32,789
37-33-S	12315	24630	661,09	-678,34	-34,29	-34,29	0,441	23,272	12,456
38-47-S	12315	12315	0,00	-3264,11	0,00	-14,46	1,675	23,612	81,102
38-51-S	12315	12315	0,00	-3244,73	0,00	10,80	1,674	23,614	79,722
39-49-S	12315	16010	0,00	-4249,18	0,00	56,74	2,072	29,456	81,071
39-17-S	12315	13547	168,12	-43,37	-15,19	-15,19	0,274	10,142	3,639
39-47-S	12315	15394	0,00	-4230,34	0,00	-30,47	2,019	28,635	85,116
40-47-S	12315	12315	0,00	-2564,83	0,00	-1,75	2,100	29,173	87,180
40-13-S	12315	15394	126,96	-8,21	-11,48	-11,48	0,263	9,238	3,423
40-30-S	12315	22167	0,00	-364,20	0,00	-69,71	0,277	3,847	9,496
41-46-S	12315	14162	0,00	-1770,23	0,00	-15,76	1,567	21,781	57,725
41-11-S	12315	19088	98,88	-1,08	-11,01	-11,01	0,201	7,631	2,569
41-26-S	12315	14778	0,00	-173,23	0,00	-44,95	0,186	2,494	8,125
42-44-S	12315	13547	0,00	-1245,45	0,00	-22,75	1,215	16,786	45,401
42-12-S	12315	17241	93,42	-0,16	-13,76	-13,76	0,196	7,355	2,514
42-25-S	12315	22167	0,00	-161,77	0,00	-40,82	0,165	2,261	5,251
43-42-S	12315	12315	0,00	-795,79	0,00	-19,43	1,077	14,617	39,225
43-8-S	12315	15394	62,65	-0,59	-8,66	-8,66	0,204	6,351	2,544
43-23-S	12315	12315	0,00	-111,68	0,00	-31,49	0,172	2,252	7,541
44-39-S	12315	13547	0,00	-490,28	0,00	-17,14	0,821	11,055	26,170
44-22-S	12315	20320	0,00	-113,46	0,00	-29,57	0,154	2,084	4,648
45-36-S	12315	12315	0,00	-284,96	0,00	-17,63	0,484	6,473	16,947
45-9-S	12315	13547	39,70	-5,01	-10,90	-10,90	0,131	4,239	1,634
45-31-S	12315	14778	0,00	-246,78	0,00	-22,90	0,394	5,314	12,537
46-32-S	12315	12315	0,00	-157,61	0,00	-14,22	0,386	5,034	12,198
46-17-S	12315	16625	5,79	-38,53	-13,59	-17,45	0,084	1,237	2,740
47-27-S	12315	12315	0,00	-55,68	-6,44	-12,24	0,174	2,205	5,460
47-20-S	12315	14778	1,85	-41,84	-10,67	-14,11	0,121	1,537	3,587
48-20-S	11699	11699	0,01	-23,34	-10,90	-10,90	0,089	1,082	3,005

## Verifica fessurazione

### Piastra

#### Simbologia adottata

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

#### Combinazione n° 2

Is	As	Ac	M	Mpf	N	Eps	sm	wm
	[mmq]	[mmq]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[%]	[mm]	[mm]
1-1	2413	17935	0,00	-137,39	0,14	0,0000	0,00	0,000

#### Combinazione n° 3

Is	As	Ac	M	Mpf	N	Eps	sm	wm
	[mmq]	[mmq]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[%]	[mm]	[mm]
1-1	2413	17935	0,00	-137,39	0,14	0,0000	0,00	0,000



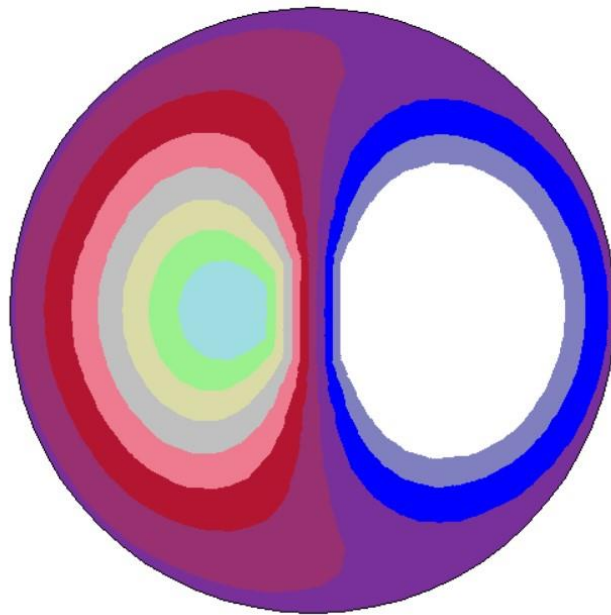
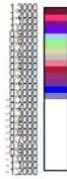
## Cedimenti

### Simbologia adottata

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

### Combinazione n° 4

Oggetto	X [m]	Y [m]	w [mm]
Piastra n° 1	27,00	15,00	0,127
Piastra n° 1	26,94	16,18	0,127
Piastra n° 1	26,77	17,34	0,129
Piastra n° 1	26,48	18,48	0,133
Piastra n° 1	26,09	19,59	0,139
Piastra n° 1	25,58	20,66	0,146
Piastra n° 1	24,98	21,67	0,153
Piastra n° 1	24,28	22,61	0,159
Piastra n° 1	23,49	23,49	0,165
Piastra n° 1	22,61	24,28	0,171
Piastra n° 1	21,67	24,98	0,175
Piastra n° 1	20,66	25,58	0,177
Piastra n° 1	19,59	26,09	0,180
Piastra n° 1	18,48	26,48	0,182
Piastra n° 1	17,34	26,77	0,183
Piastra n° 1	16,18	26,94	0,184
Piastra n° 1	15,00	27,00	0,185
Piastra n° 1	13,82	26,94	0,185
Piastra n° 1	12,66	26,77	0,185
Piastra n° 1	11,52	26,48	0,185
Piastra n° 1	10,41	26,09	0,186
Piastra n° 1	9,34	25,58	0,188
Piastra n° 1	8,33	24,98	0,190
Piastra n° 1	7,39	24,28	0,193
Piastra n° 1	6,51	23,49	0,191
Piastra n° 1	5,72	22,61	0,195
Piastra n° 1	5,02	21,67	0,193
Piastra n° 1	4,42	20,66	0,192
Piastra n° 1	3,91	19,59	0,192
Piastra n° 1	3,52	18,48	0,193
Piastra n° 1	3,23	17,34	0,195
Piastra n° 1	3,06	16,18	0,196
Piastra n° 1	3,00	15,00	0,198
Piastra n° 1	3,06	13,82	0,196
Piastra n° 1	3,23	12,66	0,195
Piastra n° 1	3,52	11,52	0,194
Piastra n° 1	3,91	10,41	0,192
Piastra n° 1	4,42	9,34	0,192
Piastra n° 1	5,02	8,33	0,193
Piastra n° 1	5,72	7,39	0,195
Piastra n° 1	6,51	6,51	0,191
Piastra n° 1	7,39	5,72	0,193
Piastra n° 1	8,33	5,02	0,191
Piastra n° 1	9,34	4,42	0,188
Piastra n° 1	10,41	3,91	0,186
Piastra n° 1	11,52	3,52	0,185
Piastra n° 1	12,66	3,23	0,185
Piastra n° 1	13,82	3,06	0,185
Piastra n° 1	15,00	3,00	0,186
Piastra n° 1	16,18	3,06	0,184
Piastra n° 1	17,34	3,23	0,183
Piastra n° 1	18,48	3,52	0,182
Piastra n° 1	19,59	3,91	0,180
Piastra n° 1	20,66	4,42	0,177
Piastra n° 1	21,67	5,02	0,175
Piastra n° 1	22,61	5,72	0,171
Piastra n° 1	23,49	6,51	0,165
Piastra n° 1	24,28	7,39	0,160
Piastra n° 1	24,98	8,33	0,153
Piastra n° 1	25,58	9,34	0,146
Piastra n° 1	26,09	10,41	0,139
Piastra n° 1	26,48	11,52	0,134
Piastra n° 1	26,77	12,66	0,130
Piastra n° 1	26,94	13,82	0,127
Piastra n° 1	15,00	15,00	0,305



*Spostamenti verticali "w" Combinazione caratteristica o rara*

api++ 16.0 \* Full [C:\Users\marco\Desktop\marco\ASJA STIM\2024 ruvo\RUVU SUPERFI

etria Carichi Modello Analisi Armature Risultati Relazione Grafica Windo

NORME TECNICHE 2018

Risultati Analisi

Numero combinazioni 4 (t = 33,000 sec.)

Analisi carichi verticali		Analisi carichi orizzontali	
Carico Totale	43107,5496 [kN]		
Reazioni vincolari	0,0000 [kN]		
Risultante pali	---		
Reazione terreno	43107,5496 [kN]		
Spostamento massimo	0,89696 [mm]	X=12,01	Y=15,29 [m]
Spostamento minimo	-0,54548 [mm]	X=19,49	Y=14,56 [m]
Momento massimo X	9205,8487 [kNm]	X=12,83	Y=15,00 [m]
Momento minimo X	-7801,8866 [kNm]	X=17,18	Y=15,00 [m]
Momento massimo Y	5433,8662 [kNm]	X=12,83	Y=15,00 [m]
Momento minimo Y	-5163,9050 [kNm]	X=17,18	Y=15,00 [m]

Dettagli >>

Spostamento differenziale massimo 1,44 [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 "0126-4974 VER 02 Preliminary Combine Foundation Loads – TAC7200 EV172-6.5/6.8/7.2MW, Mk1C, IEC, 114 m, 50/60 Hz, GS", (0,2 ‰ < 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:

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

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

-  $R$  = raggio del plinto = 12,00 mt

-  $\nu$  = coefficiente di Poisson = 0,38

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

$$\rho = 200 \text{ N} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^3 \cdot \text{m}$$

$$\langle V_s \rangle_{\min} = 956 \text{ m/s}$$

$$G_{dyn} = 0.35 \cdot 200 \cdot 956^2 = 63975520 \text{ N} / \text{m}^2 = 64 \text{ N} / \text{mm}^2 = 64 \text{ MPa}$$

$$DRS = 8 \cdot 64 \cdot 12000^3 / [3 \cdot (1 - 0,38)] = 475664516129032 \text{ N mm/rad} = 475 \text{ GNm/rad}$$

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

## **8 METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI.**

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il Programma di Calcolo "API++ Platee e Graticci - Analisi fondazione", aggiornato alla Versione 16.0 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, Westergaad 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	16.0
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, 11 febbraio 2024

PROGETTAZIONE:

ing. Massimo CANDEO

Ord. Ing.ri Bari n°3755



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