

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. TECNOLOGIE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO  
CON LA STAZIONE DI BRINDISI

CTE BRINDISI

Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di prima e seconda fila

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A 7 K 0 0 D 1 8 C L S E 0 1 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	C. D'Agostini	Dicembre 2019	N. Carones	Dicembre 2019	T. Paoletti	Dicembre 2019	G. Guidi Buffarini Dicembre 2019

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Tecnologie Centro  
Ing. Guido Buffarini  
Ordine Ingegneri Provincia di Bari  
n° 77812

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2. INTRODUZIONE</b> .....	<b>4</b>
1.1 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE.....	4
1.2 IPOTESI DI CALCOLO .....	7
1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	7
1.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	8
1.5 PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
1.6 DESCRIZIONE DEI MATERIALI .....	9
1.6.1 <i>Opere in calcestruzzo armato</i> .....	9
<b>2. CALCOLO AZIONI SUI SOSTEGNI</b> .....	<b>11</b>
2.1 PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI.....	11
2.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI VERTICALI .....	11
2.3 SOVRACCARICHI PERMANENTI ORIZZONTALI .....	11
2.4 SOVRACCARICHI VARIABILI.....	11
2.4.1 <i>Azione del ghiaccio</i> .....	11
2.4.2 <i>Azione del vento</i> .....	12
2.4.3 <i>Vento trasversale (ai binari)</i> .....	13
2.4.4 <i>Azione Sismica (da relazione Geologica Generale)</i> .....	15
2.4.5 <i>Azione Aerodinamica</i> .....	21
<b>3. COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	<b>21</b>
<b>4. CRITERI DI VERIFICA DEI SOSTEGNI</b> .....	<b>23</b>
4.1 VERIFICHE DI RESISTENZA DEL SOSTEGNO .....	23
4.2 VERIFICHE A TAGLIO.....	23
4.3 VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE RETTA (COMBINAZIONI STR-SISMA).....	23
4.4 VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PALO E DELLE TRALICCIATURE.....	24
4.5 CALCOLO DELLO STRAPIOMBO.....	26
<b>5. CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONI</b> .....	<b>27</b>
5.1 VERIFICHE DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE.....	27
5.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE .....	27
5.3 CAPACITÀ PORTANTE FONDAZIONE.....	28
5.4 VERIFICA A RIBALTAMENTO (EQU-M2-R2) .....	30
5.5 VERIFICA A SCORRIMENTO (APPROCCIO 2-A1-M1-R3).....	31
5.6 VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI .....	32
5.6.1 <i>Limiti Normativi</i> .....	32
5.6.2 <i>Criteri di verifica</i> .....	32
<b>6. METODO DI CALCOLO</b> .....	<b>32</b>
<b>7. DESCRIZIONE DEL SOSTEGNO IMPIEGATI FUORI STANDARD</b> .....	<b>32</b>
7.1 SCHEMA DI CARICO GENERALE .....	32
7.2 SOSTEGNO TIPO 1 .....	33
7.3 VERIFICA ARMATURE BLOCCO DI FONDAZIONE TIPO P5 .....	35
<b>8. VERIFICA INSTABILITÀ TRALICCIATURE</b> .....	<b>36</b>
<b>9. SCHEDE DEI CARICHI ALLA BASE DEL SOSTEGNO</b> .....	<b>37</b>
<b>10. SCHEDE DI VERIFICA DEL SOSTEGNO E DEL BLOCCO DI FONDAZIONE</b> .....	<b>48</b>

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

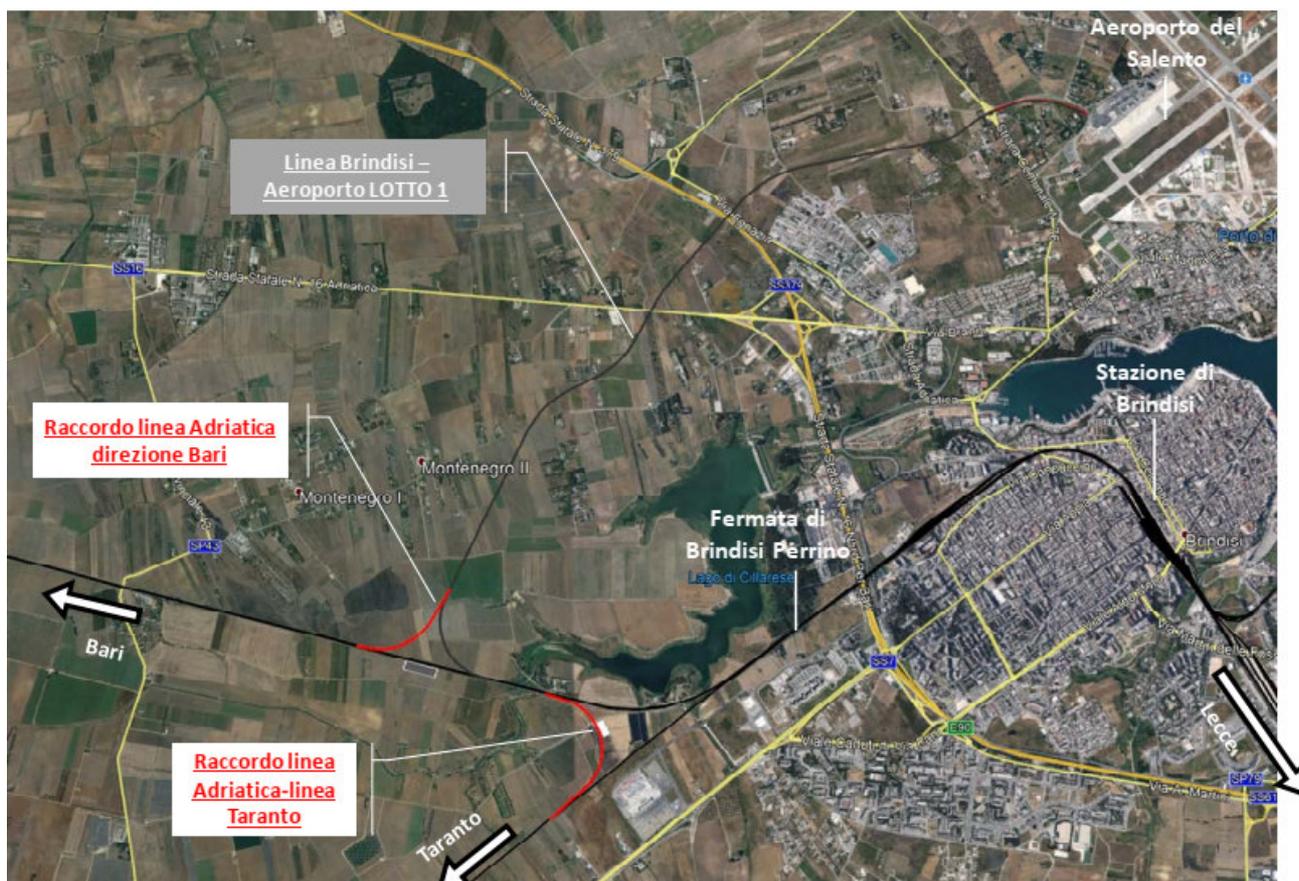
FOGLIO  
3 di 69

11	RIEPILOGO DEI CARICHI E DELLE VERIFICHE EFFETTUATE.....	69
12	CONCLUSIONI .....	69

## 1. PREMESSA

Scopo della presente progettazione consiste nella realizzazione di un nuovo collegamento ferroviario tra la stazione di Brindisi e la futura stazione dell'aeroporto del Salento. Quest'ultimo ha confermato il ruolo strategico rivestito negli ultimi anni per la Regione Puglia, la quale ha visto un notevole incremento dei flussi turistici, sia nazionali, che internazionali.

L'area interessata dall'intervento ricade a nord e nord-ovest della città di Brindisi ed è compresa tra l'asse ferroviario della linea Adriatica e l'aeroporto.



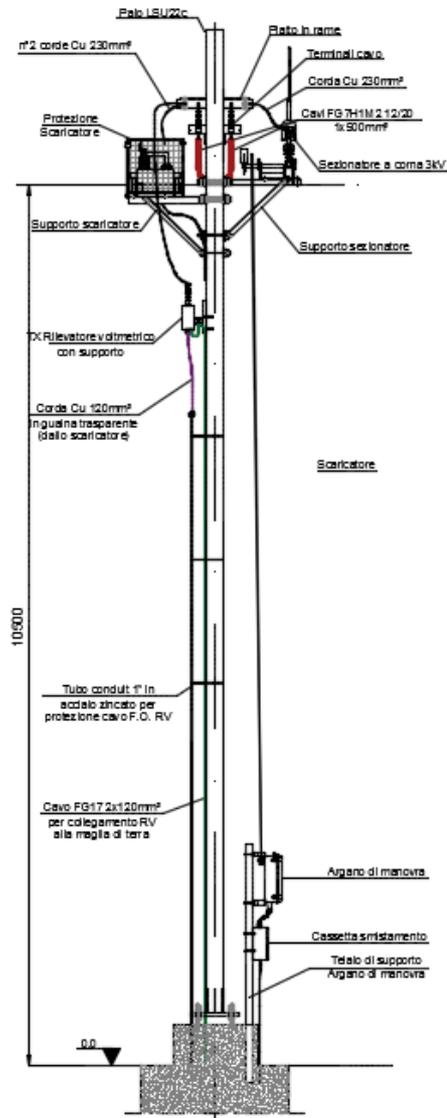
## 2. INTRODUZIONE

Nel presente documento sono riportati i calcoli di verifica del sostegno e relativo blocco di fondazione pali sezionatori di prima e seconda fila impiegato nella configurazione di carico fuori standard illustrato al paragrafo 7 della presente relazione di calcolo.

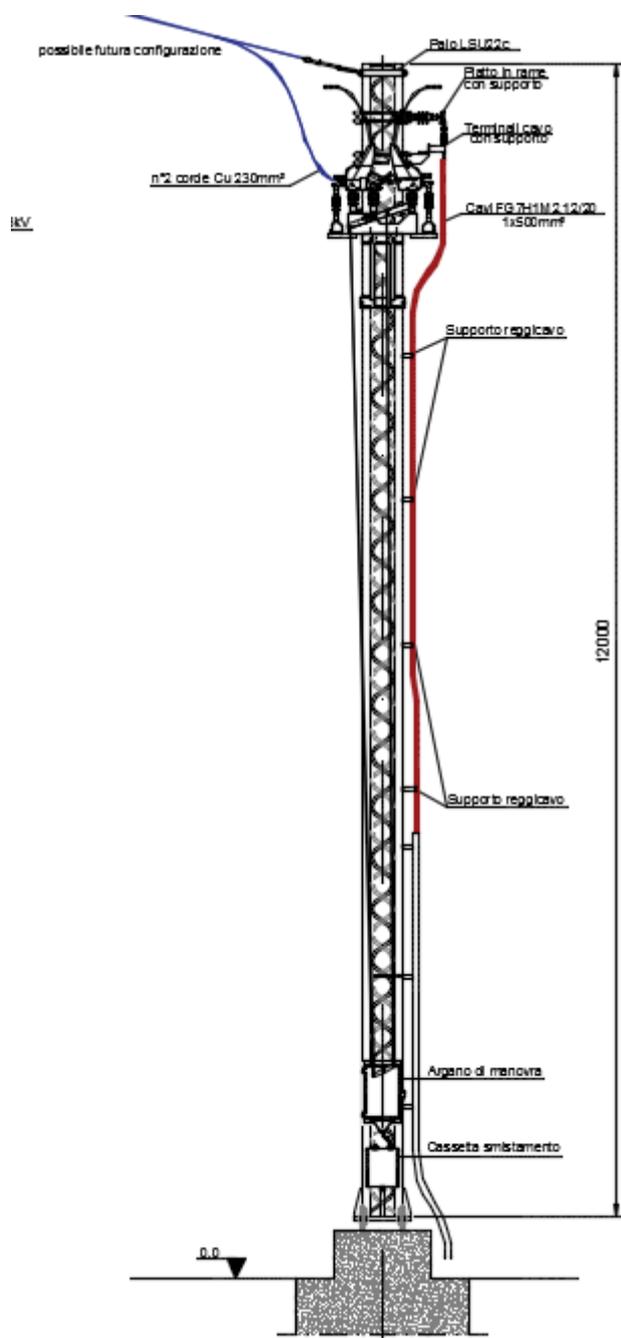
### 1.1 Descrizione delle strutture

Le opere in oggetto sono sostegni tipo LSU22c e relative strutture fondali, ubicate nella CTE lungo la linea oggetto del progetto esecutivo, sono concepite con struttura fondale totalmente in calcestruzzo armato gettato in opera.

Di seguito si riporta la configurazione di calcolo che induce le azioni più sollecitanti per il palo e il blocco:



VISTA-LONGITUDINALE PALO DI 1° FILA



vista-trasversale PALO DI 1° FILA

La configurazione di carico più sollecitante per il sostegno è risultata quella del palo di 1° fila, rispetto a quello di 2° fila e consiste nella risalita cavi di alimentazione con ormeggio trasversale in cima al sostegno di 2 corde di sezione pari a 230 mm<sup>2</sup> a tiro molle).

La verifiche per il blocco e sostegno hanno evidenziato la seguenti considerazioni cautelative:

-applicazione dei momenti flettenti dovuti ai carichi trasversali dell'ormeggio di cavi di alimentazione trasversali a quota 12m e comunque comprensivi della componente longitudinale considerando una inclinazione delle corde max di 45°;

-utilizzo di tiro di n. 2 corde di alimentazione 2x230 mm<sup>2</sup> con tiro 110 daN cadauna a T=15°C con conseguente tiro massimo calcolato pari a T=-20°C 150 daN cadauna e campate pari a 20m;

-applicazione di momento flettente dovuto ai carichi verticali del sezionatore ed attrezzaggi senza considerare il bilanciamento totale dei carichi verticali del lato opposto (nella condizione di installazione);

## 1.2 Ipotesi di calcolo

I calcoli sono impostati prendendo come riferimento le condizioni di carico in base a quanto prescritto dalle norme in vigore e dalle specifiche tecniche:

In base a quanto prescritto nella norma EN 50119 i carichi saranno determinati in funzione delle seguenti condizioni:

- A1 = Temperatura di riferimento -20°C - senza ghiaccio e vento;
- A2 = Temperatura di riferimento +5°C - senza ghiaccio e vento;
- B = Temperatura di riferimento +5°C - senza ghiaccio e con vento;
- C = Temperatura di riferimento -5°C - con ghiaccio e senza vento;
- D = Temperatura di riferimento -5°C - con ghiaccio e 50% vento.

Per la verifica dei blocchi di fondazione, si farà riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 e circolare applicativa n.7 del 2019.

## 1.3 Normative di riferimento

Le opere contemplate dal presente progetto saranno conformi alla legislazione e alla normativa vigenti. Di seguito sono elencate le principali leggi e norme.

- **D.M. del 17 Gennaio 2018:** Nuove norme tecniche per le costruzioni ( NTC 2018);
- **Circolare 21/01/2018, N.7 C.S.LL.PP.** - "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- **CEI EN 50119:2010-05** - "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica";
- **RFI DMAIMTE SP IFS 006** - "Procedimento di calcolo di verifica dei pali della linea di contatto in stazione e di piena linea";
- **Norma Tecnica RFI TE 019:** "Fornitura di filo tondo e sagomato per le linee aeree di contatto";
- **Norma Tecnica RFI TE 025:** "Fornitura di corde di rame e lega di rame per le linee aeree di contatto";
- **Norma Tecnica RFI TE 118:** "Costruzione delle condutture di contatto e di alimentazione a corrente continua a 3 Kv";
- **Dis. E66013:** "Sostegni LSU";
- **Dis. E64865:** "Tirafondi per sostegni LSU di piena linea allo scoperto e stazione"
- **Dis. E64866:** "Blocchi di fondazione e relative armature per sostegni tipo "LSU" di piena linea"
- **Standard costruttivi RFI** per le linee di trazione elettrica.
- **Capitolato Tecnico T.E. ed. 2014** "Capitolato tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione a 3 kV cc"

- **Norma CEI - EN50119 Ed. 05/2010:** “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. Impianti fissi – Linee aeree di contatto per la trazione elettrica”;
- **Norma CEI – 11-4 Ed. 01/2011:** “Norme tecniche per la costruzione di linee elettriche aeree esterne”;
- **Norma CEI - EN50423-1 Ed. 07/2005:** “Linee elettriche a tensione maggiore di 1 kV fino a 45 kV – Parte 1: Prescrizioni Generali e Specifiche Comuni”
- **Norma CEI - EN50423-3 Ed. 07/2005:** “Linee elettriche a tensione maggiore di 1 kV fino a 45 kV – Parte 3: Raccolta degli aspetti normativi nazionali”
- **EC2:** Eurocodice 2: “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”;
- **Norma UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3):** “Progettazione delle strutture di acciaio”;
- **Specifica Tecnica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A:** “ Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”.

#### 1.4 Documenti di riferimento

I documenti elencati nella Tabella 1 sono da considerarsi parti integrante della presente relazione di calcolo, ed hanno lo scopo di fornire un maggiore dettaglio nelle verifiche descritte.

Codice	Descrizione
A[1] IA7K00D10GEGE0006001B	Relazione geotecnica generale
A[2] IA7K00D18P8LC0300006B	Doppio Bivio Stazione Aeroporto del Salento - Piano di elettrificazione e CPTE finale - Tav. 4/5

Tabella 1 - Documenti di riferimento

#### 1.5 Parametri Geotecnici

Di seguito si riportano i parametri utilizzati per i calcoli di verifica desunti dalla relazione geotecnica generale (documento di riferimento IA7K00D10GEGE0006001B):

Peso di volume naturale  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito terreno  $\phi' = 29^\circ$

Coesione drenata  $c' = 0$

Tali caratteristiche meccaniche sono state desunte considerando i valori più cautelativi rispetto a quelli individuati nella relazione geologica generale, in particolare riportati nella seguente tabella:

Tabella 8.4: Parametri geotecnici caratteristici associati alle unità stratigrafiche

UNITI	MATERIALE	Parametri di resistenza				Parametri di deformabilità							
		$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$G_0$ [MPa]	$E_{op}$ [MPa]	$\nu'$ [-]	$k$ [m/s]	OCR [-]	CR [-]	RR [-]	$C_{\alpha s}$ [%]
$L_{(ms)}$	L(S)(A);L(A);L(S)	19.0	26	0+10	60+120	35 ÷ 45	9 ÷ 11	0.25	$1 \times 10^{-8}$	1.5 ÷ 2.0	-	-	-
	S,L(A);L,S(A)	19.0	29+30	0+6	-	-	-	0.25	$1 \times 10^{-7} + 1 \times 10^{-6}$	1.0	-	-	-
$S_{(cal)}$	Intercalazioni localizzate (BH09/BH10) L(A);L(A)(S)	19.0	26	10	50+90	70 + 100 fino a 4.5 m da pc 85 + 110 oltre 4.5 m da pc	18 + 25 fino a 4.5 m da pc 21 + 28 oltre 4.5 m da pc	0.25	$1 \times 10^{-8}$	1.5 ÷ 2.0	-	-	-
	Intercalazioni: Cal (S(G))	19.0	31	0	-	-	-	0.25	$1 \times 10^{-7}$	1.0	-	-	-
$L_{(sa)}$	L,S(A); S,L(A)	19.5	26+29	7+10	50	110 + 150	28+38	0.25	$1 \times 10^{-7}$	1.0 ÷ 3	-	-	-
$A_c$	L,A(S); L(A); L(A)(S)	20.0	23+24	15+20	70-150 <sup>(1)</sup>	$G_0 = 85 \cdot (\sigma'_{vo}/p_a)^{0.85}$ (assumendo la falda ad 1 m da pc)	$(2.5 \cdot G_0) / 10$	0.25	$1 \times 10^{-9}$	1 + 1.5	0.16	0.024	0.64
Cal	Calcarenite fratturata	21.0	24+26	95+100	-	n.d.	100	0.25	$1 \times 10^{-7}$	1.0	-	-	-

$\gamma$  = peso di volume naturale;  
 $\phi'$  = angolo di attrito "operativo";  
 $c'$  = intercetta di coesione "operativa";  
 $c_u$  = resistenza al taglio non drenata;  
 $G_0$  = modulo di taglio iniziale riferito alle pressioni efficaci geostatiche;  
 $E_{op}$  = Modulo di young "operativo" per l'analisi dei cedimenti dei rilevati con metodi elastici lineari e non lineari;  
 $\nu'$  = Rapporto di Poisson;  
 $k$  = coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;  
CR e RR = rapporto di compressione e rapporto di ricomprensione nel piano  $s - \log(\sigma)$   
 $C_{\alpha s}$  = coefficiente di consolidazione secondaria nel piano  $s - \log(\sigma)$   
n.d. = non determinato  
<sup>(1)</sup> variabile linearmente con la profondità da 21 m a 50 m da pc originale

## 1.6 Descrizione dei materiali

È previsto l'utilizzo dei seguenti materiali dei quali di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche:

### 1.6.1 Opere in calcestruzzo armato

Per i calcestruzzi si fa riferimento alle normative UNI EN 206-1 (Specificazione, prestazione, produzione e conformità) e UNI 11104 (Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1).

#### - Struttura in fondazione

Classe di resistenza: C25/30 (Rck300)  
Classe di esposizione: XC2  
Resistenza caratteristica cubica:  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$   
Resistenza caratteristica cilindrica:  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$   
Resistenza caratteristica cilindrica media:  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$   
Resistenza media a trazione semplice:  $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$   
Resistenza media a trazione per flessione:  $f_{cfm} = 1.2 f_{ctm} = 3.08 \text{ N/mm}^2$   
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%):  $f_{ctk} = 0.7 f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$   
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%):  $f_{ctk} = 1.3 f_{ctm} = 3.33 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità longitudinale  $E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 31476 \text{ N/mm}^2$   
Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.1$   
Coeff. espansione termica lineare  $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$   
Densità  $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

Coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_c = 1,50$

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
10 di 69

Resistenza di calcolo a compressione SLU  $f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_c = 14.17 \text{ N/mm}^2$   
 Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU  $f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_c = 1.20 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente sicurezza SLE  $\gamma_c = 1,00$   
 combinazione rara  $\sigma_{c,ad} = 0,60 f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$   
 combinazione quasi permanente  $\sigma_{c,ad} = 0,45 f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$

- Acciaio per calcestruzzo armato

Acciaio per calcestruzzo armato tipo B 450 C secondo DM 14.01.2008 avente le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$   
 Modulo elastico  $E_s = 206000 \text{ N/mm}^2$   
 Rapporto  $1,15 < (f_t/f_y)_k < 1,35$  (frattile 10%)  
 Rapporto  $(f_y/f_y, \text{nom})_k < 1,25$  (frattile 10%)  
 Allungamento  $(A_{gt})_k > 7,5\%$  (frattile 10%)

Coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_s = 1,15$   
 Resistenza di calcolo SLU  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,30 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione di calcolo SLE  $\sigma_{y,ad} = 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

**Le rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti sarà valutata mediante le prescritte prove di accettazione.**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
<b>CTE BRINDISI</b> <b>Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di prima e seconda fila</b>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 002	REV. A	FOGLIO 11 di 69

## 2 CALCOLO AZIONI SUI SOSTEGNI

In quanto segue si riporta l'analisi dei carichi agenti sulle strutture in oggetto, tale analisi è svolta per determinare i valori da inserire sullo schema di calcolo del modello della struttura.

### 2.1 Peso proprio elementi strutturali

I pesi dei materiali utilizzati per le strutture portanti sono conformi alle NTC 2018 e alle specifiche tecniche RFI (vedi normative di riferimento).

### 2.2 Sovraccarichi permanenti verticali

Tali carichi sono costituiti dalle forze dovute al peso dei conduttori ormeggiati con relativa pendinatura, oltre al peso degli accessori di ormeggio ed i contrappesi per la regolazione del tiro nei fili di contatto eventualmente presenti sulla struttura in oggetto.

### 2.3 Sovraccarichi permanenti orizzontali

Come azioni orizzontali longitudinali rispetto ai binari, si considerano i tiri delle condutture ormeggiate alle temperature di riferimento in accordo con la norma CEI EN 50119.

### 2.4 Sovraccarichi variabili

Tra le azioni variabili rientrano le azioni accidentali dovute alla possibile manutenzione, le variazioni termiche, l'azione del ghiaccio, che viene considerato come un sovraccarico verticale agente sui conduttori, l'azione della neve e l'azione del vento, che viene considerato sia agente in direzione longitudinale (parallelo ai binari) che trasversale (ortogonale ai binari).

Di seguito si riportano i riferimenti normativi che hanno condotto all'analisi dei carichi inseriti nei calcoli.

#### 2.4.1 Azione del ghiaccio

Per quanto attiene ai carichi da ghiaccio sui conduttori, dal paragrafo 6.2.5 della normativa CEI EN 50119 risulta:

*“I carichi del ghiaccio si determinano per accumulo dovuto a brina, deposito di neve/ghiaccio e neve bagnata sui conduttori delle linee aeree di contatto. I carichi caratteristici del ghiaccio gIK dipendono dal clima e dalle condizioni locali, per es. dall'altitudine, dalla vicinanza di laghi e dall'esposizione al vento. Le definizioni per i carichi del ghiaccio sono date nella EN 50125-2. I carichi dovuti al ghiaccio devono essere fissati nella specifica dell'acquirente.*

*Qualora richiesto nella specifica dell'acquirente, deve essere considerato l'effetto del ghiaccio sulle strutture”.*

Di conseguenza, prendendo in considerazione il paragrafo della norma CEI EN 50125-2, risulta:

*“Ove applicabile il carico della neve e del ghiaccio deve essere considerato fino a +5° C.*

I carichi del ghiaccio sui conduttori dovrebbero essere specificati come indicato nella Tabella seguente.

Classe Class	Carico del ghiaccio Iceload N/m
I 0 (nessun ghiaccio_ no ice)	0
I 1 (bassa_low)	3,5
I 2 (medio_medium)	7
I 3 (pesante_heavy)	15

Questi valori sono validi per conduttori con diametro usuale tra 10 mm e 20 mm".

Considerando quindi, una classe media (I2), il carico a metro lineare del ghiaccio sui conduttori sarà pari a 7N/m.

## 2.4.2 Azione del vento

Dal paragrafo 6.2.4.2 della normativa CEI EN 50119 risulta:

La pressione dinamica del vento  $q_K$  misurata in  $N/m^2$  agente sugli elementi di linea aerea di contatto deve essere determinata mediante la seguente formula:

$$q_K = \frac{1}{2} G_q \times G_t \times \rho \times V_R^2$$

dove

- $G_q$  è il fattore di risposta alle raffiche di vento così come definito nella ENV 1991-2-4:1995. Per le linee aeree di contatto di altezza pari a circa 10 m,  $G_q$  deve essere 2,05;
- $G_t$  è il fattore caratteristico del terreno che tiene in considerazione la protezione delle linee, Per esempio nelle trincee, negli attraversamenti delle città e delle foreste. Negli spazi aperti  $G_t$  deve essere 1,0; per i siti protetti i fattori  $G_t$  possono essere definiti nella specifica del cliente;
- $V_R$  è la velocità di riferimento del vento in m/s ad un'altezza di 10 m al di sopra del terreno, mediata su un intervallo di 10 minuti, con un periodo di ritorno in accordo con 6.2.4.1;
- $\rho$  è la densità dell'aria, pari a  $1,225 \text{ kg/m}^3$  a  $15^\circ\text{C}$  e 600 m di altitudine. La densità dell'aria per altri valori di temperatura ed altitudine può essere calcolata mediante l'equazione:

$$\rho = 1,225 \times \left( \frac{288}{T} \right) \cdot e^{-1,2 \cdot 10^{-4} \cdot H}$$

dove

- $T$  è la temperature assoluta in K;
- $H$  è l'altitudine in m.

Di conseguenza, è stato preso come riferimento il DM 17/01/18 e la relativa Circolare Ministeriale del 2019 per il calcolo della velocità di riferimento del vento.

La velocità di riferimento  $v_b$  è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche  $v_b$  è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a \cdot (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 \leq a_s \leq 1500m$$

- $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$  sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame,
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione".

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Nel caso in esame siamo nella Regione Puglia,  $a_s = 10$  m e  $v_b = 27$  m/s, la pressione dinamica del vento risulterà:

$$q_k = 0.5 \times 2.05 \times 1.0 \times 1.225 \times 25^2 = 915 \text{ N/m}^2 = 91.5 \text{ daN/m}^2$$

### 2.4.3 Vento trasversale (ai binari)

#### Vento in assenza di ghiaccio

La pressione del vento sui conduttori è regolamentata dalla Norma CEI EN 50119 (§6.2.4.3):

La pressione del vento sui conduttori determina forze trasversali alla direzione della linea. La forza agente su un sostegno per effetto dell'azione del vento sulle due campate adiacenti deve essere determinata mediante la formula:

$$Q_{WC} = q_k \times G_C \times d \times C_C \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi$$

Dove:

- $q_k$  è la pressione dinamica caratteristica del vento (fare riferimento a 6.2.4.2);
- $G_C$  è il fattore di risposta strutturale dei conduttori che tiene in considerazione la risposta dei conduttori mobili al carico del vento. Il fattore  $G_C$  dovrebbe essere determinato sulla base dell'esperienza nazionale. Un valore ampiamente accettato sarebbe  $G_C = 0,75$ ;
- $d$  è il diametro del conduttore;
- $C_C$  è il coefficiente di resistenza del conduttore. Si raccomanda il valore 1,0; altri valori possono essere forniti nella specifica del cliente;
- $L_1$ ,  $L_2$  sono le lunghezze delle due campate adiacenti;
- $\Phi$  è l'angolo d'incidenza della direzione critica del vento rispetto alla perpendicolare al conduttore. In generale si assume  $\Phi$  pari a zero.

Qualora conduttori doppi siano tesi parallelamente, può essere operata una riduzione del carico del vento sul conduttore sottovento, ammontando tale carico all'80% del carico relativo al

conduttore sopravvento se il distanziamento tra gli assi dei due conduttori è inferiore a cinque volte il diametro.

Per il calcolo del vento agente sui sostegni (nel caso in esame i sostegni sono solo del tipo LSU) si farà riferimento al al par. 6.2.4.7 della CEI EN 50119. Che fornisce la seguente relazione:

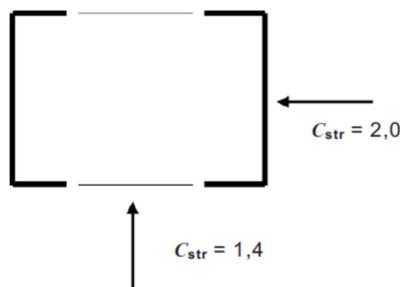
$$Q_{W\text{str}} = q_K \times G_{\text{str}} \times C_{\text{str}} \times A_{\text{str}}$$

dove

- $q_K$  è la pressione dinamica caratteristica del vento (fare riferimento a 6.2.4.2);
- $G_k$  è il fattore di risonanza strutturale di una struttura. Valore tipico 1,0
- $C_{\text{str}}$  è il coefficiente di resistenza dipendente dalla forma e dalla rugosità della superficie della struttura. I valori da utilizzare sono riportati nella tabella seguente. Nel caso in esame si prenderanno, rispettivamente, i valori 2,0 per il vento trasversale al binario e 1,4 per quello longitudinale.

Tabella 13 – Valori raccomandati per il fattore  $C_{\text{str}}$  di diversi tipi di strutture

Tipo di struttura	$C_{\text{str}}$
Strutture tubolari in acciaio e calcestruzzo con sezione trasversale circolare	0,7
Strutture tubolari in acciaio con sezione trasversale dodecanale	0,85
Strutture tubolari in acciaio e calcestruzzo con sezione trasversale esagonale ed ottagonale	1,0
Strutture tubolari in acciaio e calcestruzzo con sezione trasversale quadrata o rettangolare	1,4
Profilato a doppia C con sezione trasversale quadrata o rettangolare	Vedi Fig. 4
Profilati ad H	1,4



- $A_{\text{str}}$  è l'area proiettata della struttura.

### Vento in presenza di ghiaccio

La presenza contemporanea dell'azione del vento e di quella del ghiaccio è regolamentata dalla Norma CEI 50119 (§ 6.2.6):

Qualora per il progetto degli impianti e delle strutture della linea aerea di contatto siano prese in considerazione le azioni combinate dei carichi del ghiaccio e del vento, si può assumere il 50% del carico del vento, conformemente a 6.2.4, come agente sulle strutture e sulle apparecchiature senza ghiaccio e sui conduttori coperti da ghiaccio in accordo con 6.2.5. Un valore alternativo può essere

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
<b>CTE BRINDISI</b> <b>Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di prima e seconda fila</b>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO SE0100 002	REV. A	FOGLIO 15 di 69

fissato nella specifica dell'acquirente. La forza peso unitaria  $p_i$  del ghiaccio può essere estratta da norme appropriate ed il coefficiente di resistenza aerodinamica può essere scelto pari a 1,0. Se definito nella specifica dell'acquirente, si deve considerare un incremento del diametro dell'accumulo di ghiaccio. Il diametro equivalente  $D_1$  in metri dell'accumulo di ghiaccio deve essere calcolato mediante la formula:

$$D_1 = \sqrt{d^2 + \frac{4 \times g_{IK}}{\pi \times \rho_1}}$$

dove

- $d$  è il diametro del conduttore senza ghiaccio misurato in metri;
- $g_{IK}$  è il carico caratteristico del ghiaccio misurato in N/m.

Per quanto concerne invece il carico sul sostegno, basterà dimezzare i carichi da vento trasversale.

#### **2.4.4 Azione Sismica (da relazione Geologica Generale)**

Come riportato nella relazione geologica generale il **comune di Brindisi (Br)** con **D.G.R. della Puglia n. 1626 del 15.09.2009** ricade in zona sismica 4 (*livello di pericolosità molto basso*), come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni  $\leq 0.05 g$  pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico di 0.05 g.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie riportate nella Tabella 3.2.II delle NTC18, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_{Seq}$ .

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $TC^*$ , relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento, sono forniti nelle tabelle riportate in all [ B ] delle NTC18, in funzione di prefissati valori del periodo di ritorno  $TR$ .

L'accelerazione al sito  $a_g$  è espressa in  $g/10$ ,  $F_0$  è adimensionale,  $TC^*$  è espresso in secondi.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a latitudine e longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine.

##### **2.4.4.1 Vita nominale**

La vita nominale dell'edificio in questione è prevista in:

$$VN = 100 \text{ anni.}$$

##### **2.4.4.2 Classe d'uso**

La Classe d'Uso dei manufatti è prevista in:

Classe IV:

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Per l'edificio in questione si ha:

$$VR (\text{Periodo di Riferimento}) = VN (\text{Vita Nominale}) \times CU (\text{coefficiente d'uso})$$

Per  $CU = 2$  abbiamo:

VR = VN x CU = 100 x 2 = 200 anni

### 2.4.4.3 Azioni di Progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC 18, dalle accelerazioni ag e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC 18 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- ag: accelerazione orizzontale massima al sito;
- F0: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC\*: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC 18 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e da vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento VR della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine si utilizza come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni. Fissata la vita di riferimento VR, i due parametri TR e PVR sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante la seguente espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} = - \frac{100}{\ln(1-0.1)} =$$

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

### Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="120"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="201"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1898"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

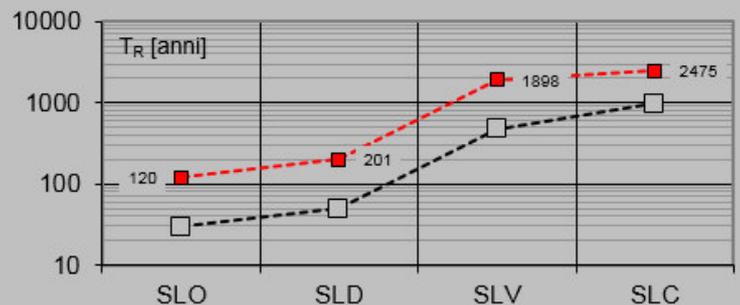
### Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Scelta della strategia di progettazione

Qualora la attuale pericolosità sismica sul reticolo di riferimento non contempli il periodo di ritorno  $T_R$  corrispondente alla  $V_R$  e alla  $P_{VR}$  fissate, il valore del generico parametro  $p$  ( $a_g$ ,  $F_0$  e  $TC^*$ ) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai  $T_R$  previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[ \log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right) \right]^{-1}$$

Di seguito si riportano i grafici ed i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $TC^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno stato limite.

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	120	0,027	2,344	0,327
SLD	201	0,033	2,431	0,368
SLV	1898	0,064	2,739	0,530
SLC	2475	0,068	2,795	0,536

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$

#### 2.4.4.4 Amplificazione stratigrafica

Dalle analisi condotte sul sito in esame e riportate nell'elaborato geologica del sito. (rif. par. 6.1 doc. A[1]) risulta che per la verifica delle opere è conveniente assumere la **Categoria di sottosuolo tipo "C"**.

"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT,30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu,30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina)".

#### 2.4.4.5 Condizioni topografiche

Con riferimento alle caratteristiche della superficie topografica inerente l'opera in oggetto (sempre come riportato nella relazione geologica generale (rif. par. 6.2 doc. A[1] ), si adotta:

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

#### 2.4.4.6 Classe di duttilità

La costruzione soggetta all'azione sismica, non dotata di appositi dispositivi dissipativi, è stata progettata considerando un comportamento strutturale dissipativo per il quale gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati tenendo conto delle non linearità di comportamento. Nello specifico:

Classe di duttilità CD: [ B ] bassa.

#### 2.4.4.7 Regolarità

La struttura è rispondente a tutti i requisiti di regolarità in pianta ed in elevazione:

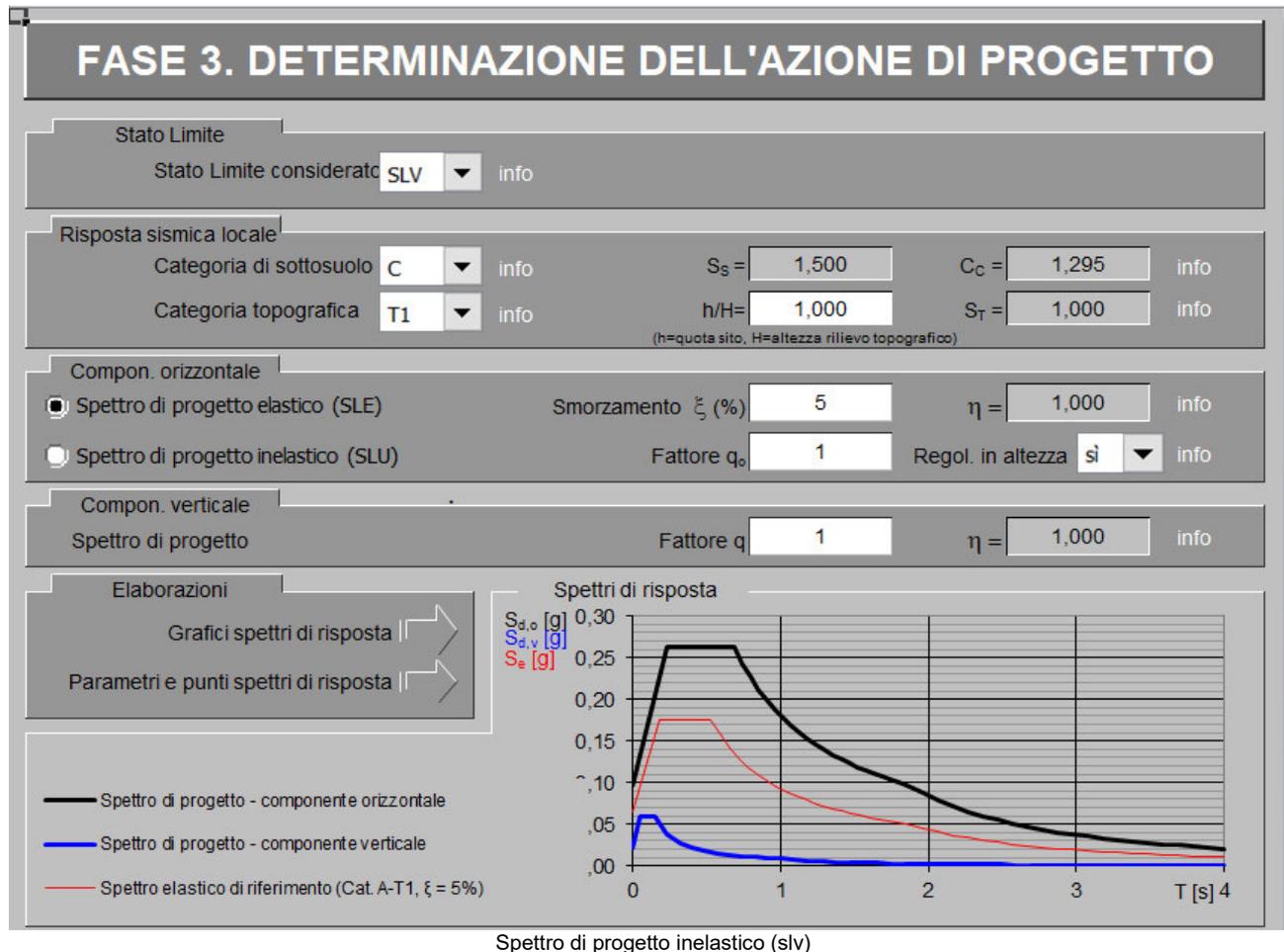
Regolare in pianta no

Regolare in altezza no

### 2.4.4.8 Tipologia strutturale e fattore di struttura

In via cautelativa si utilizza un fattore di struttura  $q_0=1$  con  $K_r=1$  come indicato nel documento RFI E64864c

### 2.4.4.9 Spettri di risposta



Il valore di accelerazione al suolo di progetto risulta inferiore a quella indicata nel documento RFI E64864c e pertanto verrà considerata un' accelerazione al suolo di progetto pari a 0.75/g

### 2.5.4.11 Calcolo coefficienti di spinta attiva e passiva in fase sismica

Il calcolo dei coefficienti di spinta attiva e passiva in fase sismica si determinano con la formulazione di Mononobe - Okabe

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 20 di 69

**Muro di Sostegno - Spinta in fase Sismica (Mononobe-Okabe)**

$\alpha$ (°c)	90
$\alpha$ (radian)	1,5708
$\beta^*$ (°c)	0
$\beta$ (radian)	0
$\delta$ (°c)	17,33333
$\delta$ (radian)	0,302524
$\varphi$ (°c)	26
$\varphi$ (radian)	0,453787

$\Phi$	0,168559	0,20226737
$A_g^*/g$	0,6	2*0,3 (vant. Sicurezza)
$K_h$	0,186	$\beta^* a_{max}/g$
$\beta^*$	0,31	tab 7,11,II
$k_v$	0,093	0,5*k <sub>h</sub>

 $\alpha$  [GSD] inclinazione del paramento interno del muro rispetto all'orizzontale (60-120)

 $\beta$  [GSD] angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, del terreno a monte del muro (0- $\phi$ )

 $\phi$  [GSD] angolo di attrito del terreno (0-45)

 $\delta$  [GSD] angolo di attrito tra terra e muro (0- $\phi$ )

 $\delta/\phi$  [-] rapporto tra angolo di attrito terra-muro e angolo di attrito del terreno (0-1)

 $k_h$  [-] coefficiente sismico orizzontale (0-0.5)

 $k_v$  [-] coefficiente sismico verticale (0-0.5)

 I valori  $k_{ae}$  andranno utilizzati per calcolare le spinte attive tramite le relazioni:

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta - \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta - \theta)}{\sin(\alpha - \delta - \theta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\sin^2(\alpha - \varphi + \theta)}{\cos \theta \sin^2 \alpha \sin(\alpha + \delta + \theta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi + \beta - \theta)}{\sin(\alpha + \delta + \theta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

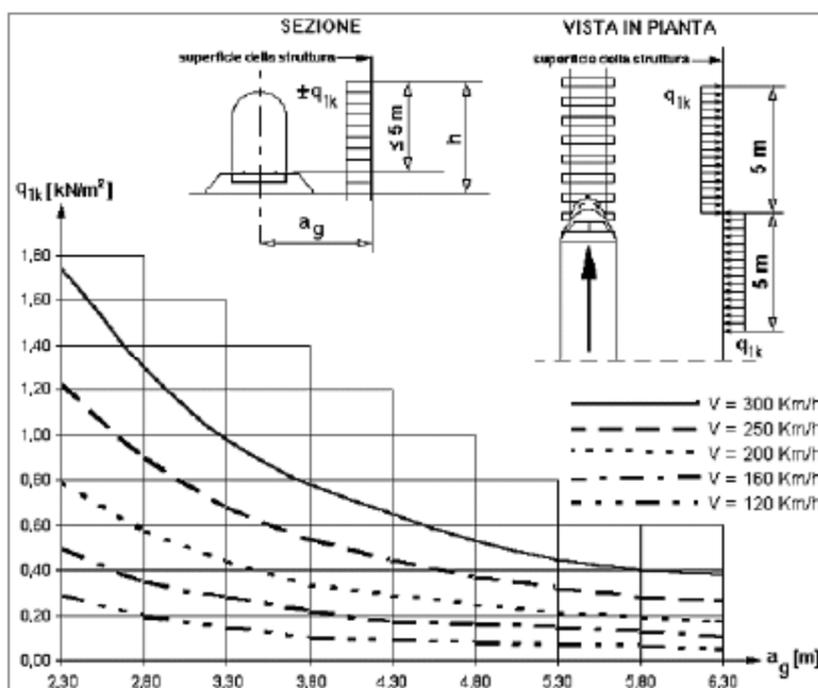
$$\theta = \arctan \frac{|k_h|}{1 \pm k_v}$$

kae      0,549075001                      0,509194237                      **0,549**

kpe      3,189042119                      3,338291362                      **3,189**

## 2.4.5 Azione Aerodinamica

L'azione aerodinamica dovuta al passaggio dei rotabili lungo linea si è valutata in accordo alla specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A.



Valori caratteristici delle azioni  $q_{1k}$  per superfici parallele al binario

In accordo al documento RFI E64864c si è considerata la curva in figura di cui sopra relativa ad una velocità di 250 km/h con i seguenti coefficienti correttivi:

$k_1 = 1$  (per i casi di treni con forme aerodinamiche sfavorevoli;

$k_2 = 1.3$  (larghezza dei sostegni minore di 2.5 m).

$$q_{aer} = q_{1k} \times k_1 \times k_2$$

Tale azione viene applicata in direzione concorde con quella del vento sulla superficie del sostegno e sulle condutture che insistono fino a livello +5m da terra, considerando il binario più vicino al sostegno.

## 3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico utilizzate nel calcolo dei sostegni e delle relative fondazioni sono quelle delle NTC 2018 e di seguito elencate:

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 22 di 69

CMB	Case name	Coefficiente Amplificativo	CMB	Case name	Coefficiente Amplificativo	CMB	Case name	Coefficiente Amplificativo	CMB	Case name	Coefficiente Amplificativo
STR1	G1:C.P.S.	1,30	SLV1	G1:C.P.S.	1,00	GEO1-SLU	G1:C.P.S.	1,00	Equ1	G1:C.P.S.	0,90
	G2:C.P.N.S.	1,50		G2:C.P.N.S.	1,00		G2:C.P.N.S.	1,30		G2:C.P.N.S.	1,50
STR2-V+X	G1:C.P.S.	1,30		Sisma X	1,00	GEO2-SLU	G1:C.P.S.	1,00	Equ2-V+X	G1:C.P.S.	0,90
STR2-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50		Sisma Y	0,30		G2:C.P.N.S.	1,30	Equ2-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50
	Q1: ICE	1,50	SLV2	G1:C.P.S.	1,00		Q1: ICE	1,30		Q1: ICE	1,50
	Q3: WIND X (ICE)	0,90		G2:C.P.N.S.	1,00		Q3: WIND X (ICE)	0,78		Q3: WIND X (ICE)	0,90
STR3-V+X	G1:C.P.S.	1,30		Sisma X	1,00	GEO3-SLU	G1:C.P.S.	1,00	Equ3-V+X	G1:C.P.S.	0,90
STR3-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50		Sisma Y	-0,30		G2:C.P.N.S.	1,30	Equ3-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50
	Q1: ICE	0,75	SLV3	G1:C.P.S.	1,00		Q1: ICE	0,65		Q1: ICE	0,75
	Q3: WIND X (ICE)	1,50		G2:C.P.N.S.	1,00		Q3: WIND X (ICE)	1,30		Q3: WIND X (ICE)	1,50
STR4-V+X	G1:C.P.S.	1,30		Sisma X	-1,00	GEO4-SLU	G1:C.P.S.	1,00	Equ4-V+X	G1:C.P.S.	0,90
STR4-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50		Sisma Y	0,30		G2:C.P.N.S.	1,30	Equ4-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50
	Q2: WIND X (NO ICE)	1,50	SLV4	G1:C.P.S.	1,00		Q2: WIND X (NO ICE)	1,30		Q2: WIND X (NO ICE)	1,50
STR5-V+Y	G1:C.P.S.	1,30		G2:C.P.N.S.	1,00	GEO5-SLU	G1:C.P.S.	1,00	Equ5-V+Y	G1:C.P.S.	0,90
STR5-V-Y	G2:C.P.N.S.	1,50		Sisma X	-1,00		G2:C.P.N.S.	1,30	Equ5-V-Y	G2:C.P.N.S.	1,50
	Q2: WIND Y (NO ICE)	1,50		Sisma Y	-0,30		Q2: WIND Y (NO ICE)	1,30		Q2: WIND Y (NO ICE)	1,50
STR6-V+X	G1:C.P.S.	1,30	SLV5	G1:C.P.S.	1,00	GEO6-SLU	G1:C.P.S.	1,00	Equ6-V+X	G1:C.P.S.	0,90
STR6-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50		G2:C.P.N.S.	1,00		G2:C.P.N.S.	1,30	Equ6-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50
	Q2: WIND X (NO ICE)	1,05		Sisma X	0,30		Q2: WIND X (NO ICE)	0,91		Q2: WIND X (NO ICE)	1,05
	Q2: WIND Y (NO ICE)	1,05		Sisma Y	1,00		Q2: WIND Y (NO ICE)	0,91		Q2: WIND Y (NO ICE)	1,05
STR7	G1:C.P.S.	1,00	SLV6	G1:C.P.S.	1,00	GEO7-SLU	G1:C.P.S.	1,00	Equ7	G1:C.P.S.	0,90
	G2:C.P.N.S.	1,00		G2:C.P.N.S.	1,00		G2:C.P.N.S.	1,00		G2:C.P.N.S.	1,00
	ECC1	1,00		Sisma X	-0,30		ECC1	1,00		ECC1	1,00
				Sisma Y	1,00						
			SLV7	G1:C.P.S.	1,00						
				G2:C.P.N.S.	1,00						
				Sisma X	0,30						
				Sisma Y	-1,00						
			SLV8	G1:C.P.S.	1,00						
				G2:C.P.N.S.	1,00						
				Sisma X	-0,30						
				Sisma Y	-1,00						

Le verifiche saranno pertanto svolte utilizzando tutte le combinazioni sopra riportate e successivamente, individuando le combinazioni di carico peggiorative per ciascuna verifica effettuata, con:

- combinazione fondamentale con vento in direzione +x e/o +y;
- combinazione fondamentale con vento in direzione -x e/o +y;
- combinazione equilibrio con vento in direzione +x e/o +y;
- combinazione equilibrio con vento in direzione -x e/o +y;
- combinazione con carichi di esercizio e carichi eccezionali;
- combinazione sismica.

## 4 CRITERI DI VERIFICA DEI SOSTEGNI

I sostegni della presente relazione sono verificati in accordo con le prescrizioni della NTC2008 in base ai seguenti criteri.

### 4.1 Verifiche di Resistenza del sostegno

Per ciascun stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove  $E_d$  è il valore di progetto delle azioni o dell'effetto delle azioni e  $R_d$  è il valore di progetto delle resistenze del sistema strutturale considerato.

### 4.2 Verifiche a Taglio

La verifica a taglio dei sostegni in oggetto della presente relazione viene eseguita in accordo al paragrafo 4.2.4.1.2.4 delle NTC 2018.

Occorre verificare che:

$V_{Ed} < V_{c,Rd}$  La risultante delle azioni di taglio sia inferiore alla resistenza a taglio di calcolo.

dove:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \times f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{ms}} \quad \text{Resistenza a taglio di calcolo (daN)}$$

$$A_v = A - 2bf + (tw + r)tf \quad \text{Area di Taglio per profilati a C (cm}^2\text{)}$$

Dove:

b=larghezza delle ali;

tf=spessore delle ali;

tw=spessore dell'anima

E' possibile non considerare il contributo del taglio nella flessione se:

$$V_{Ed} < 0.5V_{c,Rd}$$

### 4.3 Verifiche a Presso-Flessione Retta (Combinazioni STR-SISMA)

La verifica a presso-flessione biassiale (di resistenza) viene eseguita in accordo al paragrafo 4.2.4.1.2.8 delle NTC 2018.

Occorre, cautelativamente verificare che:

$$M_{x,Ed}/M_{N_{x,Ed}} + M_{y,Ed}/M_{N_{y,Ed}} \leq 1$$

La somma dei rapporti tra i momenti agenti nelle due direzioni di progetto e i momenti resistenti della sezione nelle due direzioni sia inferiore o uguale a 1.

In particolare:

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
24 di 69

1. Verifica di Resistenza			
descrizione	Simbolo	U.M.	ila/Rif. Normativo
Azione normale plastica di calcolo	$N_{p,Rd}$	daN	$A f_{yk} / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano x-x		daN	$0,25 \times N_{p,Rd}$
limitazione piano x-x		daN	$0,5 h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano y-y		daN	$h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
Verifica combinazione			
piano x-x		No contributo azione normale	
piano y-y		No contributo azione normale	
Rapporto	n		$N_{Ed} / N_{p,Rd}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. X	$M_{N,x,Rd}$	daNm	$W_{pl,x} f_{yk} / \gamma_{Ms}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Y	$M_{N,y,Rd}$	daNm	$W_{pl,y} f_{yk} / \gamma_{Ms}$
Verifica di resistenza		OK	$(M_{x,Ed} / M_{N,x,Rd}) + (M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd}) \leq 1$

La verifica viene svolta considerando sia con la combinazione di carico massima str con vento in direzione +x, che con vento -x, sia con la massima combinazione sismica.

#### 4.4 Verifiche di Stabilità del palo e delle tralicciature

Le verifiche di stabilità vengono eseguite in accordo al paragrafo 4.2.4.1.3 delle NTC 2018. Occorre verificare che:

$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$  Il valore dello sforzo normale max di esercizio sia inferiore o uguale alla resistenza ad instabilità del delle UPN e delle stesse tralicciature

Dove:

$N_{b,Rd} = \chi A_{eq} f_{yk} / \gamma_{m1}$  resistenza ad instabilità del sostegno (daN)

$\chi = 1 / \phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}$  coefficiente di riduzione per instabilità

$\phi = 0.5(1 + \alpha(\lambda - 0.2) + \lambda^2)$

$\alpha$  fattore di imperfezione (Tabella 4.2 VIII NTC 2018)

$\lambda = \sqrt{A_{eq} f_{yk} / N_{cr}}$  Snellezza adimensionale

$N_{cr} = \pi^2 E J_{eq} / L_0^2$  Carico critico Euleriano (daN)

$L_0 = \beta \times h_c$  Lunghezza libera di inflessione (m)

Le verifiche suddette si applicano ad entrambi gli assi principali x-x e y-y.

In particolare nelle schede di verifica ai paragrafi successivi troviamo:

2. Verifica di Stabilità				
2.1.1 Direzione x-x				
descrizione	Simbolo		U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\beta_x$	2		
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,x}$		m	$\beta_x \times h_{c1}$
Carico critico euleriano	$N_{cr,x}$			$\pi^2 \times E \times J_t / L_{0,x}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda_x$		-	$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{cr,x}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
				$0,5[1 + \alpha(\lambda_x - 0,2) + \lambda_x^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi_x$			$1 / \phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_x^2} \leq 1$

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

 COMMESSA  
IA7K

 LOTTO  
00 D 18

 CODIFICA  
CL

 DOCUMENTO  
SE0100 002

 REV.  
A

 FOGLIO  
25 di 69

descrizione	Simbolo		U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\beta y$			
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,y}$		m	$\beta z \times hc2$
Carico critico euleriano	$N_{Cr,y}$			$\pi^2 \times E \times Jt / L_{0,y}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda y$			$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{Cr,y}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	0,96		$0,5[1+\alpha(\lambda y-0,2)+\lambda y^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi y$			$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda y^2} \leq 1$
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc2		m	

Per la verifica dei sostegni alla instabilità per presso-flessione deviata si è utilizzato il metodo B c4.2.4.1.3.3.2 della circolare N.7/2019, in quanto tiene in considerazione anche delle deformazioni torsionali ad essi indotte.

In particolare occorre verificare che:

descrizione	U.M.	ila/Rif. Normativo
primo termine		$(N_{ed} - P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk})$
secondo termine		$k_{yy} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$
terzo termine		$k_{yz} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$
somma		$\leq 1$ OK
primo termine		$(N_{ed} - P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk})$
secondo termine		$k_{zy} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$
terzo termine		$k_{zz} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$
somma		$\leq 1$ OK

I coefficienti K vengono calcolati secondo la tabella C4.2.V per sezioni di classe 1 e 2

Dove:

2.2 Coefficienti riduzione per instabilità a flessione deviata per elementi deformabili torsionalmente				
descrizione	Simbolo		U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\lambda_{LT0}$	0,40		
	$\beta$	0,75		
Aliquota momenti flettenti di estremità	$\psi$	0,25		
	kc	0,802		$1/(1,33-0,33\psi)$
Coefficiente correttivo	$\alpha_{LT}$	0,34		Tab. 4.2.IX NTC 2018
Coefficiente che dipende dalle cond. di carico e vincoli	$C_1$	1,0		Valore unitario conservativo
Coefficiente di lunghezza efficace	k	0,70		
Coefficiente di ingobbamento di un estremo	kw	1,0		Valore unitario conservativo
Distanza ritegni torsionali	L	5,12	m	
Momento critico elastico di instabilità flessio-torsionale	$M_{Cr}$	45085,35	daNm	Appendice F ENV 1993-1-1
Coefficiente di snellezza adimensionale	$\lambda_{LT}$	0,62		$\sqrt{W_y \times f_{yk} / M_{Cr}}$
	f	0,907		$1-0,5(1-kc)[1-2,0(\lambda_{LT}-0,8)^2]$

	$\Phi_{LT}$	0,68		$0,5[1+\alpha_{LT}(\lambda_{LT}-\lambda_{LTO})+\beta \times \lambda_{LT}^2]$	
	$\chi_{LT}$	1,00		$1/f \times 1/\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}$	
coefficiente di sicurezza	$\gamma_{m1}$	1,1			1,12
Coefficiente correttivo	$\alpha_{my}$	0,7	$\geq 0,4$	tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019	
Coefficiente correttivo	$\alpha_{mz}$	0,7	$\geq 0,4$	tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019	
Coefficiente correttivo	$\alpha_{mLT}$	0,7	$\geq 0,4$	tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019	
coefficiente di interazione	$k_{yy}$	0,825	$\leq$	0,795	NO
coefficiente di interazione	$k_{yz}$	0,463			
coefficiente di interazione	$k_{zy}$	0,908	$\geq$	0,884	per $\lambda_z \geq 0,4$
coefficiente di interazione	$k_{zz}$	0,772	$\leq$	0,802	OK

considerando come momento critico la seguente espressione da appendice F ENV 1993 1-1

$$M_{cr} = \frac{\pi^2 E I_z}{L^2} \left[ \frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} \right]^{0,5}$$

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

$I_t$  è la costante di torsione;

$I_w$  è la costante di ingobbamento;

$I_z$  è il momento di inerzia attorno all'asse minore;

$L$  è la lunghezza della trave fra i punti che hanno vincolo laterale.

#### 4.5 Calcolo dello strapiombo

Lo strapiombo rappresenta la controfrecchia da applicare al sostegno in fase di posa. Viene espresso in mm/m e calcolato con i carichi alla base del sostegno della combinazione A2.

$$S_t = -f_0 / h_m \quad \text{Strapiombo (mm/m)}$$

Dove:

$$f_0 = (F \times h m^3) / (3 J_{eq} E) \quad \text{Freccia provocata dalla forza F (cm)}$$

$$F = (M_P + M_H) / h_m \quad \text{Forza applicate a quota mensola per calcolo strapiombo (daN)}$$

$$(M_P + M_H) \quad \text{Somma dei momenti da carichi permanenti verticali e orizzontali (daNm)}$$

$$h_m \quad \text{Quota di attacco della mensola}$$

## 5 CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONI

Le fondazioni oggetto della presente relazione sono verificate in accordo con le prescrizioni della NTC2018 in base ai seguenti criteri.

### 5.1 Verifiche di portanza della fondazione

Per ciascun stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove  $E_d$  è il valore di progetto delle azioni o dell'effetto delle azioni e  $R_d$  è il valore di progetto delle resistenze del sistema geotecnico considerato. Il valore di progetto delle azioni può essere espresso come:

$$E_d = E \left( \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

Ovvero:

$$E_d = \gamma_E E \left( F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

Dove  $\gamma_E = \gamma_F$ ,  $F_k$  è il valore caratteristico delle azioni,  $X_k$  è il valore caratteristico dei parametri del terreno.

Il valore di progetto delle resistenze del sistema geotecnico può essere espresso come:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left( \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_F F_k$ , dei parametri di progetto del terreno  $X_k/\gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come  $E_d = \gamma_E E_k$ . Nella formulazione delle resistenze  $R_d$ , compare esplicitamente un coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulle resistenze del sistema. La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

### 5.2 Verifiche agli Stati Limite

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza sono scelti nell'ambito di due approcci di analisi distinti e alternativi:

Approccio 1

Combinazione 1: (A1+M1+R1) – SLU (STR)

Combinazione 2: (A2+M2+R2) – SLU (GEO)

Approccio 2

Combinazione 1: (A1+M1+R3)

Le verifiche vengono effettuate tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I del D.M. 17/01/2018. In particolare di seguito vengono riportate le suddette tabelle.

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

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 2 – Coefficienti parziali Azioni

**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	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tabella 3 – Coefficienti parziali Parametri

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE		
	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

Tabella 4– Coefficienti parziali Resistenze

### 5.3 Capacità Portante Fondazione

La verifica della capacità portante del terreno di fondazione è svolta in accordo con le NTC2018. La verifica della capacità portante consiste nel confronto tra il carico verticale di esercizio in fondazione e il carico limite per il terreno. La stabilità della base della fondazione nei riguardi di un superamento della capacità portante viene assicurata applicando alla capacità portante ultima calcolata un fattore di sicurezza maggiore uguale a 2,3.

Per il calcolo della capacità portante si è adottato il metodo descritto in "Lancellotta- Geotecnica- Ed. Zanichelli .-1993" basato sulle indicazioni teoriche di diversi autori (Terzaghi, Meyerof, Vesic e

Brinch Hansen) che fornisce la seguente espressione generale per la valutazione della pressione limite di rottura del terreno:

$$q_{lim} = c' N_c D_c S_c + q_0' N_q D_q S_q + 0,5 \gamma A' N_\gamma D_\gamma S_\gamma$$

dove:

- $\gamma$  = Peso di volume efficace del terreno di fondazione;
- $c', \phi'$  = Parametri di resistenza al taglio del terreno di fondazione in condizioni drenante;
- $A'$  = Dimensione efficace della fondazione, funzione dell'eccentricità dei carichi;
- $q_0'$  = Pressione efficace litostatica verticale al livello del piano di posa della fondazione;
- $N_q, N_c, N_\gamma$  = Fattori di capacità portante funzione della resistenza al taglio;
- $S_g, S_c, S_\gamma$  = Fattori di forma dipendenti dal rapporto fra le dimensioni dell'impronta della fondazione;
- $D_g, D_c, D_\gamma$  = Fattori di profondità funzione del rapporto fra l'approfondimento del piano di posa e le dimensioni reali della fondazione;

Altri simboli utilizzati nelle verifiche:

- $B$  = dimensione reale della fondazione longitudinale al binario;
- $A$  = dimensione reale della fondazione trasversale al binario;
- $A_{ef}$  =  $B' \times A'$  = area efficace della fondazione;
- $e_T$  = eccentricità del carico rapporto tra momento flettente e carico verticale in direzione trasversale al binario;
- $e_L$  = eccentricità del carico rapporto tra momento flettente e carico verticale in direzione longitudinale al binario;

La pressione ammissibile netta vale:

$$P_{amm} = (q_{lim} - q_0') / FS + q_0'$$

Le dimensioni efficaci della fondazione sono valutate tramite le seguenti espressioni (Meyeroff, 1953):

$$B' = B - 2e_T$$

$$A' = A - 2e_L$$

Per il calcolo dei fattori di capacità portante  $N_q$  e  $N_c$  si farà riferimento alle espressioni ricavate da Prandtl (1921) e da Reissner (1924). Per il fattore  $N_\gamma$  si fa riferimento all'espressione proposta da Caquot e Kérisel (1953):

$$N_q = \tan^2(\pi/4 + \phi'/2) e^{\pi \tan \phi'}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi'$$

Per i coefficienti di forma si adottano le seguenti espressioni:

$$s\gamma = 1 + 0.1 \cdot (B'/A') \cdot K_p$$

$$K_p = (1 + \tan\phi') / (1 - \tan\phi')$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot (B'/A') \cdot K_p$$

$$s_q = s_\gamma$$

Per tener conto dell'approfondimento del piano di posa si adottano le seguenti espressioni:

$$d\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan\phi' \cdot (1 - \sin\phi')^2 \cdot k$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \cdot \tan\phi')$$

essendo:

$$k = (D_f / A) \quad \text{per } D_f/A \leq 1$$

$$k = \tan^{-1}(D_f / A) \quad \text{per } D_f/A > 1$$

La forza verticale limite vale:

$$F_{zlim} = q_{lim} \times A_{ef}$$

Il fattore di sicurezza della capacità portante può essere espresso come:

$$FC = q_{LIM} / [(N_{Ed} + P_b) / A_{ef}]$$

Dove  $q_0$  è la pressione litostatica verticale al livello del piano di posa della fondazione.

#### 5.4 Verifica a Ribaltamento (EQU-M2-R2)

La verifica è svolta secondo le prescrizioni della NTC 2018 e CEI EN 50119 par. 6.5.7, considerando tutte le combinazioni EQU-M2 (con riduzione tg angolo di attrito e coesione)

Per fondazioni caricate mediante sollecitazioni trasversali e longitudinali rispetto al binario si avrà:

$$M_{rib,T} = M_T + (T_T \times (C+C1) + M_{Sa,T} + c_x \cdot M_{Si,BI}(\text{solo caso sismico})) \quad (\text{momento ribaltante trasversale})$$

$$M_{rib,L} = M_L + (T_L \times (C+C1) + M_{Sa,L} + c_y \cdot M_{Si,BI}(\text{solo caso sismico})) \quad (\text{momento ribaltante longitudinale})$$

$$M_{res,T} = [N_{ed} \times A_2 + (A_x B_x C_x g_{cls})] \times (A/2) \times 0.9 + ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times g_{cls})) \times A_2 \times 0.9 + M_{sp,T} [N_{ed} \times (A-A_2) + (A_x B_x C_x g_{cls})] \times (A/2) \times 0.9 + ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times g_{cls})) \times (A-A_2) \times 0.9 + M_{sp,T} \times \text{ContrTerreno} \quad (\text{momento stabilizzante trasversale nel caso di Momento ribaltante totale positivo})$$

$$M_{res,T} = [N_{ed} \times A_2 + (A_x B_x C_x g_{cls})] \times (A/2) + ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times g_{cls})) \times A_2 + M_{sp,T} [N_{ed} \times (A-A_2) + (A_x B_x C_x g_{cls})] \times (A/2) \times 0.9 + ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times g_{cls})) \times (A-A_2) \times 0.9 + M_{sp,T} \times \text{ContrTerreno} \quad (\text{momento stabilizzante trasversale nel caso di Momento ribaltante totale negativo})$$

$$M_{res,L} = (N_{Ed} + P_b + \gamma \times C_1 \times A \times B) \times B/2 + M_{sp,L} \quad (\text{momento stabilizzante longitudinale})$$

$$S_{p,T} = \frac{1}{2} \times k_p \times \gamma \times (C+C1)^2 \times B \quad (\text{da non considerare nel lato opposto al binario})$$

$$S_{p,T} = \frac{1}{2} \times k_p \times \gamma \times (C+C1)^2 \times B_x (1 - k_v) \quad (\text{da non considerare nel lato opposto al binario nel caso sismico})$$

$$Sp,L = \frac{1}{2} \times k_p \times \gamma \times (C+C1)^2 \times A$$

$$Sp,L = \frac{1}{2} \times k_p \times \gamma \times (C+C1)^2 \times A (1+k_v) \text{ (nel caso sismico)}$$

$$Si,BI = P_{bl} \times K_h \text{ (nel caso sismico)}$$

$$(K_p = (1+\text{sen}\phi') / (1-\text{sen}\phi')) \quad \text{(coefficiente di spinta passiva)}$$

$$M_{sp,T} = (C+C1)/3 \times Sp,T \quad \text{(momento dovuto alla spinta passiva in direzione trasversale)}$$

$$M_{sp,L} = (C+C1)/3 \times Sp,L \quad \text{(momento dovuto alla spinta passiva in direzione longitudinale)}$$

$$M_{si,BL} = (C+C1)/2 \times Si,BI \text{ (momento dovuto alla massa inerziale nel caso sismico)}$$

dove:

$N_{Ed}$  = carico verticale totale agente alla base del blocco [kN]

$P_b$  = peso del blocco di fondazione

$A$  = lato inferiore fondazione direzione trasv. al binario [m]

$B$  = lato inferiore fondazione direzione long. al binario [m]

$C$  = Altezza lato opposto al binario del blocco di fondazione [m]

$A_1$  = lato superiore fondazione direzione trasv. al binario [m]

$B_1$  = lato superiore fondazione direzione long. al binario [m]

$C_1$  = Differenza Altezza del blocco di fondazione- ( $C_{tot}-C$ ) [m]

$C_{tot}$  = Altezza totale lato binario del blocco di fondazione [m]

$K_h$  = coefficiente sismico orizzontale

$K_v$  = coefficiente sismico verticale

$c_x$  = coefficiente amplificazione dei carichi sismici in direzione trasversale

$c_y$  = coefficiente amplificazione dei carichi sismici in direzione longitudinale

$T_T$  = azione di taglio trasversale agente nel punto di incastro del palo [kN]

$T_L$  = azione di taglio longitudinale agente nel punto di incastro del palo [kN]

$\gamma$  = peso di unità di volume del terreno di fondazione

$\phi'$  = angolo di attrito del terreno

La verifica è soddisfatta se:

$$M_{rib,T} / (M_{res,T}) + M_{rib,L} / (M_{res,L}) \leq 1 \text{ (formula 15 della CEI EN 50119)}$$

### 5.5 Verifica a Scorrimento (approccio 2-A1-M1-R3)

Per la verifica a scorrimento del blocco lungo il piano di fondazione deve risultare, che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa, che tendono a fare scorrere la fondazione, deve essere minore di tutte le forze parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. In particolare, la Normativa, richiede che il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scorrimento  $F_R$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  sia:

$$FR / Fs \geq R3 = 1,1 \text{ per l'approccio 2}$$

Con  $F_s$ , somma delle componenti della spinta parallela al piano di posa (taglio massimo), e con  $FR$ , la forza resistente.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione,  $N_{Ed}$  e  $P_b$  sono rispettivamente il carico totale di calcolo agente sul blocco e il peso del blocco stesso, indicando con " $\delta$ " l'angolo d'attrito fondazione si avrà:

$$F_r = (N_{Ed} + P_b) \times \tan \delta$$

Si assume un valore di " $\delta$ " pari a 2/3 dell'angolo d'attrito del terreno.

## **5.6 Verifica elementi strutturali**

Di seguito si riportano i criteri di verifica delle armature per le fondazioni considerate.

### **5.6.1 Limiti Normativi**

L'armatura longitudinale non deve essere inferiore allo 0.2% della sezione (p.to 7.2.5 NTC2018).

### **5.6.2 Criteri di verifica**

Le verifiche saranno svolte sul bagnolo di fondazione, in quanto risulta essere l'elemento più debole.

Le verifiche saranno svolte con l'ausilio del programma VCASLU del prof. Gelfi. Tale programma esegue le verifiche a presso flessione di sezioni in C.A. armate di qualsiasi geometria con il metodo degli Stati Limite, nel rispetto delle NTC2018.

## **6 METODO DI CALCOLO**

Tutti i calcoli saranno svolti con dei fogli sviluppati in Excel che rispettano tutte le prescrizioni e la metodologia di calcolo, descritte nei paragrafi precedenti.

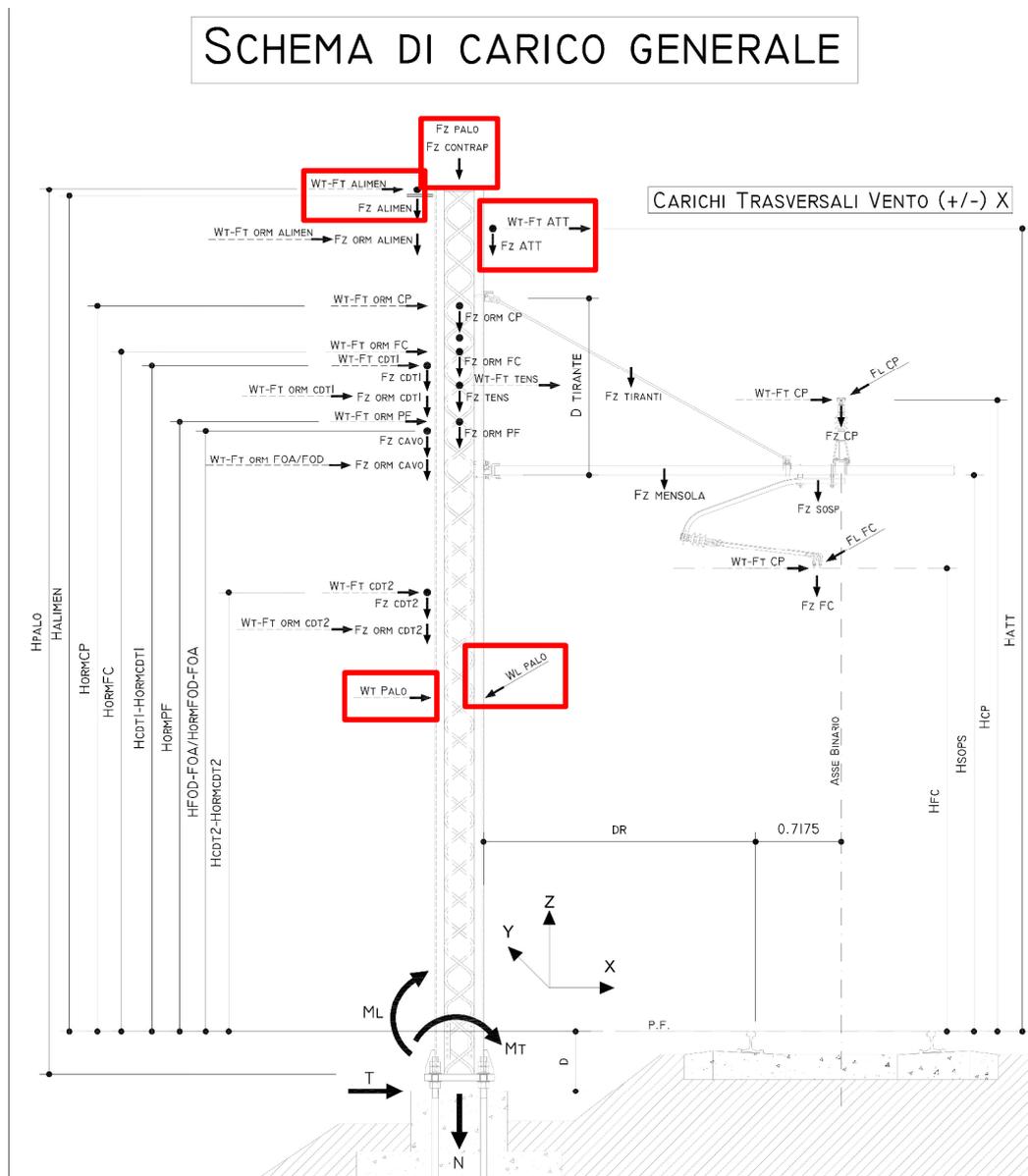
## **7 DESCRIZIONE DEL SOSTEGNO IMPIEGATI FUORI STANDARD**

La presente relazione di calcolo prende in considerazione la configurazione di carico illustrata al par. 7.2 della presente relazione di calcolo.

### **7.1 Schema di carico Generale**

Di seguito viene illustrato lo schema di carico generale dove sono riportate le denominazioni delle forze e momenti utilizzati nelle schede di calcolo dei carichi (vedi allegato A della presente relazione).

## SCHEMA DI CARICO GENERALE



*N.B. : nella figura sono evidenziati in rosso le azioni agenti sulla struttura del palo oggetto della relazione.*

### 7.2 Sostegno tipo 1

Il sostegno è caratterizzato dalla seguente configurazione di carico:

Tipologia: Palo Normale LSU22c in rettilo.

Attrezzaggio:

Ormeaggio trasversale su lato corto n. 2 corde di alimentazione 2x230 mm<sup>2</sup> con tiro ridotto;

Ormeaggi: n. 2 corde di alimentazione 2x230 mm<sup>2</sup> con tiro ridotto.

Di seguito viene riportata la scheda degli INPUT di calcolo:



### 7.3 Verifica Armature Blocco di fondazione tipo P5

I calcoli per la verifica delle armature del blocco di fondazione tipo P5 in oggetto della presente relazione, si svolgono a presso-flessione retta allo stato limite per entrambe le direzioni considerando dimensioni e armature previste da capitolato. A vantaggio di sicurezza si considerano solo i ferri inferiori.

Allo scopo, è stato utilizzato il software "Verifica Ca-SLU" considerando, a vantaggio di sicurezza, la sezione maggiormente sollecitata del blocco alla base come fosse un elemento trave incastrata.

$$M_{tr\,transv\,tot.} = M_{tr\,ed} + T_x * (C/2 + C1) = 80 + 11 * (2,1 / 2 + 0.50) = 97 \text{ kNm}$$

Di seguito si riportano gli input ed output del programma, considerando solo il momento agente in direzione trasversale, dato l'ordine di grandezza di quello agente longitudinalmente. Facendo riferimento al capitolato,  $b = B = 190 \text{ cm}$ ,  $h = C = 210 \text{ cm}$ ,  $\text{copriferro} = 5 \text{ cm}$ :

Verifica C.A. S.L.U. - File: CabinaTE

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	180	210	1	10,18	105

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="97"/>	<input type="text" value="0"/>	kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

Materiali

B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$ <input type="text" value="80"/> ‰	$\epsilon_{c2}$ <input type="text" value="2"/> ‰
$f_{yd}$ <input type="text" value="391,3"/> N/mm²	$\epsilon_{cu}$ <input type="text" value="3,5"/>
$E_s$ <input type="text" value="200.000"/> N/mm²	$f_{cd}$ <input type="text" value="14,17"/>
$E_s/E_c$ <input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$ <input type="text" value="0,8"/> ?
$\epsilon_{syd}$ <input type="text" value="1,957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="9,75"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="260"/> N/mm²	$\tau_{co}$ <input type="text" value="0,6"/>
	$\tau_{c1}$ <input type="text" value="1,829"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²

$\sigma_s$   N/mm²

$\epsilon_c$   ‰

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  x/d

$\delta$

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

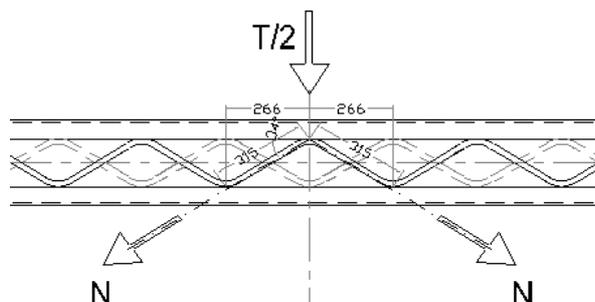
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

Le armature sono 9Ø12, (trasversali al binario) . La sezione risulta verificata.

## 8 Verifica Instabilità tralicciature

La verifica di instabilità a carico di punta delle tralicciature viene effettuata considerando che su queste venga trasferita l'azione di taglio massima agente sul sostegno con il seguente schema di carico:



Lo sforzo normale agente sulla tralicciatura:

$$N_{ed} = T_x / (2 \sin \alpha)$$

$\beta = (2/3)$  coefficiente considerato per il calcolo della lunghezza libera di inflessione

Resistenza instabilità dell'asta (tralicciatura)

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yk} / \gamma_{m1}$$

Dove:

$$\chi = 1 / (\Phi + \text{rad}(\Phi^2 - \lambda^2)) < 1 \quad 4.2.45 \text{ (NTC 2018)}$$

Di seguito si riportano le verifiche di instabilità delle tralicciature soggette a compressione sui sostegni oggetto della presente relazione di calcolo:

### verifica stabilità tralicciatura PALO LSU22c condizione considerata: STR3

descrizione	simbolo		unità di misura	formula
distanza verticale tralicciatura	a	0,27	m	
distanza obliqua	d	0,3	m	
distanza ORIZZONTALE	B	0,14		
angolo	$\alpha$	27,41	°	
azione di taglio massima agente amplificata	$T_{edx}$	834,78	daN	$T_x$
Azione normale progetto tralicciatura	$N_{ed}$	1545,43		$T_x / 2 / \sin \alpha$
inerzia tondo	$J_t$	1,37	cm <sup>4</sup>	
carico critico euleriano	$N_{cr}$	702828,76		$\pi^2 E J_t / L^2$
$L_{cr}$		0,20	m	$\beta d$
$\beta$	$\beta$	0,67		2/3
snellezza adimensionale	$\lambda$	0,40		$\text{rad}(A f_{yk} / N_{cr})$
diametro sezione asta		2,00	cm	
area sezione FI 20	A	3,14	cm <sup>2</sup>	
fattore imperfezione	a	0,49		tab.4.2.VI Ntc
	$\Phi$	0,63		$0,5(1+a(\lambda-0,2))+\lambda^2$
coefficiente	$\chi$	0,90		$1/(\Phi + \text{rad}(\Phi^2 - \lambda^2)) < 1$
Resistenza istabilità dell'asta (tralicciatura)	$N_{b,Rd}$	9535,96	daN	$\chi A f_{yk} / \gamma_{m1}$
Coeff sicurezza istabilità	$\gamma_{m1}$	1,05		
verifica		<b>0,16 OK</b>		$N_{ed} / N_{b,Rd} < 1$

**CTE BRINDISI**

 Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 37 di 69

**9 Schede dei carichi alla base del sostegno**
**CARICHI AGENTI SUDDIVISI PER CASI DI CARICO E ASSE : SOSTEGNO LSU22c n° PALO 1ª E 2ª FILA**

<b>CONDIZIONE A1 : (-20°)</b>						
<b>CARICHI VERTICALI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Fz,ATT	Azione verticale Attraversamento aereo	60,53	60,53	daN	$natt \times Patt \times Rdq((Catt^2+a^2))$	
Fz,palo	Azione verticale sostegno	957,73		daN	Ppalo	
<b>Fz,tot</b>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>1078,79</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
FT,orm,ATT	Azione d'angolo Attraversamento aereo n.2	106,07	106,07	daN	$TATT \times Corm/2R \pm TATT \times \cos(\arctg(Corm/a))$	
<b>FT,tot</b>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>212,13</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO-X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
<b>FT,tot</b>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>212,13</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
FL,orm,QUA D,n.1-2	Azioni longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	106,07	106,07	daN	$\sum(i) ((n(i,1-2) \times T(i,1-2)) \times (\cos\alpha,i))$	
<b>Fl,tot</b>	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>212,13</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
<b>MFz,tot</b>	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>0,00</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E VENTO +X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
MFT,orm,ATT	Momento dovuto all'azione d'angolo dell'attraversamento aereo n.2	1294,01	1294,01	daNm	$FT,orm,ATT \times (Hatt + d)$	

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 38 di 69

<b>MT,tot</b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale</b>	<b>2588,01</b>			daNm	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI VENTO -X</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
<b>MT,tot</b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento - X</b>	<b>2588,01</b>			daNm	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>						
MFL,orm,Q UAD n.1-2	Momento dovuto ai carichi longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	1294,01	1294,01	daNm	$\Sigma(i) ((FL,orm,i,n.1-2) \times (Horm,i)+d)$	
<b>ML,tot</b>	<b>Momento longitudinale totale</b>	<b>2588,01</b>			daNm	
<b>ALTRI CARICHI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
Fh	Azione sismica alla base del sostegno	718,30		daN	$\lambda \times Sv(T1) \times MassaEcc /g$	
Mecc	Massa sismica partecipante eccitata	957,73		daN		
<b>carichi verticali x Z per la Ripartizione carichi sismici</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
RipFz,palo	Ripartizione sull'Azione verticale sostegno	6033,72		daNm	$Fz,palo \times ((hpalo/2)+d)$	
<b>RipFz,tot</b>	<b>SOMMATORIA RIPARTIZIONE AZIONE SISMICA</b>	<b>6033,72</b>			daNm	
<b>CARICHI ORIZZONTALI SISMA</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
SFz,palo	Azione sismica sostegno	718,30		daN	$RipFz,palo / RipFz,tot \times Fh$	
<b>SFz,tot</b>	<b>Azione sismica trasversale totale</b>	<b>718,30</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI/LONGITUDINALI DOVUTI AI CARICHI SISMICI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
MSFz,palo	Momento dovuto all'Azione sismicasostegno	4525,29		daNm	$SFz,palo \times (hpalo/2)$	
<b>MS,tot</b>	<b>Momento trasversale/longitudinale azioni orizzontali Sismiche</b>	<b>4525,29</b>			daNm	

**CTE BRINDISI**

 Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 39 di 69

	<b>totale</b>					
<b>CARICHI VERTICALI ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
Fz,tot,ecc	Azione verticale eccezionale totale	0,00		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
Ft,tot,ecc	Azione trasversale eccezionale totale	0,00		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
Fl,tot,ECC	Azione longitudinale eccezionale totale	0,00		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
MT,tot,ECC	Momento trasversale eccezionale totale	0,00		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
<b>CONDIZIONE A2 : (+5°)</b>						
<b>CARICHI VERTICALI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
Fz,ATT	Azione verticale Attraversamento aereo	60,53	60,528 34047	daN	$n_{att} \times P_{att} \times R_{dq}((C_{att}^2 + a^2))$	
Fz,palo	Azione verticale sostegno	957,73		daN	P <sub>palo</sub>	
Fz,tot	<b>Azione verticale totale</b>	<b>1078,79</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
F <sub>T,orm,ATT</sub>	Azione d'angolo Attraversamento aereo n.2	77,78	77,78	daN	$T_{ATT} \times C_{orm}/2R \pm T_{ATT} \times \cos(\arctg(C_{orm}/a))$	
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>155,56</b>		daN		

**CTE BRINDISI**

Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
40 di 69

CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO-X						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$F_{T,tot}$	Azione trasversale totale	155,56		daN		
CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$FL_{orm,QUAD,n.1-2}$	Azioni longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	77,78	77,78	daN	$\sum(i) ((n_{(i,1-2)} \times T_{(i,1-2)}) \times (\cos\alpha_i))$	
$F_{l,tot}$	Azione longitudinale totale	155,56		daN		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{Fz,tot}$	Momento trasversale azioni verticali totale	0,00		daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E VENTO +X						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{FT,orm,ATT}$	Momento dovuto all'azione d'angolo dell'attraversamento aereo n.2	948,94	948,94	daNm	$F_{T,orm,ATT} \times (H_{att} + d)$	
$M_{T,tot}$	Momento trasversale azioni orizzontali totale	1897,87		daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI VENTO -X						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{T,tot}$	Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento -X	1897,87		daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI						
$M_{FL,orm,QUAD n.1-2}$	Momento dovuto ai carichi longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	948,94	948,94	daNm	$\sum(i) ((FL_{orm,i,n.1-2}) \times (H_{orm,i}) + d)$	
$M_{L,tot}$	Momento longitudinale totale	1897,87		daNm		
ALTRI CARICHI						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
<b>CONDIZIONE B : (+5°)+VENTO</b>						
<b>CARICHI VERTICALI</b>						

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 41 di 69

Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
F <sub>z,ATT</sub>	Azione verticale Attraversamento aereo	60,53	60,528 34047	daN	$n_{att} \times P_{att} \times R_{dq}((C_{att^2} + a^2))$	
F <sub>z,palo</sub>	Azione verticale sostegno	957,73		daN	P <sub>palo</sub>	
F <sub>z,tot</sub>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>1078,79</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
F <sub>T,orm,ATT</sub>	Azione d'angolo Attraversamento aereo n.2	95,46	95,46	daN	$T_{ATT} \times C_{orm}/2R \pm T_{ATT} \times \cos(\arctg(C_{orm}/a))$	
W <sub>T,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	500,41		daN	W <sub>palo</sub> X A <sub>palo</sub>	
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>691,33</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO-X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
W <sub>T,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	-500,41		daN	W <sub>palo</sub> X A <sub>palo</sub>	Solo pali LSF
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>-309,49</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
FL <sub>orm,QUAD,n.1-2</sub>	Azioni longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	95,46	95,46	daN	$\sum(i) ((n_{(i,1-2)} \times T_{(i,1-2)}) \times \cos\alpha_{,i})$	
W <sub>L,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	350,30		daN	W <sub>palo</sub> x A <sub>palo</sub>	solo pali LSF -LS -LSU
F <sub>I,tot</sub>	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>541,22</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>Fz,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>0,00</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E VENTO +X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>FT,orm,ATT</sub>	Momento dovuto all'azione d'angolo dell'attraversamento aereo n.2	1164,60	1164,6 0	daNm	F <sub>T,orm,ATT</sub> x (H <sub>att</sub> + d)	
M <sub>WT,palo</sub>	Momento dovuto all'azione	3002,47		daNm	W <sub>T,palo</sub> x H <sub>palo</sub> /	valida per

**CTE BRINDISI**

 Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 42 di 69

	del vento su sostegno				2	pali LSF
<b>M<sub>T,tot</sub></b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale</b>	<b>5331,68</b>			daNm	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI VENTO -X</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
M <sub>WT,palo</sub>	Momento dovuto all'azione del vento su sostegno	-3002,47		daNm	$W_{T,palo} \times H_{palo} / 2$	valida per pali LSF
<b>M<sub>T,tot</sub></b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento -X</b>	<b>-673,26</b>			daNm	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>						
M <sub>FL,orm,QUAD n.1-2</sub>	Momento dovuto ai carichi longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	1164,60	1164,60	daNm	$\sum_{(i)} ((FL_{orm,i,n.1-2}) \times (H_{orm,i}) + d)$	
M <sub>WL,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	2101,81			$W_{L,palo} \times H_{palo} / 2$	solo pali LSF -LS -LSU
<b>M<sub>L,tot</sub></b>	<b>Momento longitudinale totale</b>	<b>4431,02</b>			daNm	
<b>ALTRI CARICHI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI AERODINAMICI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
<b>W<sub>AER,tot</sub></b>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>#RIF!</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI AERODINAMICI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
<b>M<sub>AER,tot</sub></b>	<b>Momento trasversale azioni aerodinamiche totale</b>	<b>#RIF!</b>			daNm	
<b>CONDIZIONE C : (-5°)+GHIACCIO</b>						
<b>CARICHI VERTICALI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
F <sub>z,ATT</sub>	Azione verticale Attraversamento aereo	100,13	100,12	daN	$n_{att} \times P_{att} \times R_{dq}((C_{att^2} + a^2))$	
F <sub>z,palo</sub>	Azione verticale sostegno	957,73		daN	P <sub>palo</sub>	
<b>F<sub>z,tot</sub></b>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>1157,99</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferi</b>

**CTE BRINDISI**

 Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 43 di 69

					mento normativo	
$F_{T,orm,ATT}$	Azione d'angolo Attraversamento aereo n.2	134,35	134,35	daN	$TATT \times Corm/2R \pm TATT \times \cos(\arctg(Corm/a))$	
$F_{T,tot}$	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>268,70</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO-X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$F_{T,tot}$	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>268,70</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$FL_{orm,QUAD,n.1-2}$	Azioni longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	134,35	134,35	daN	$\Sigma(i) ((n_{(i,1-2)} \times T_{(i,1-2)}) \times (\cos\alpha_{,i}))$	
$F_{l,tot}$	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>268,70</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{Fz,tot}$	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>0,00</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E VENTO +X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{FT,orm,ATT}$	Momento dovuto all'azione d'angolo dell'attraversamento aereo n.2	1639,07	1639,07	daNm	$F_{T,orm,ATT} \times (H_{att} + d)$	
$M_{T,tot}$	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale</b>	<b>3278,15</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI VENTO -X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{T,tot}$	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento -X</b>	<b>3278,15</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>						
$M_{FL,orm,QUAD n.1-2}$	Momento dovuto ai carichi longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	1639,07	1639,07	daNm	$\Sigma(i) ((FL_{orm,i,n.1-2}) \times (H_{orm,i}) + d)$	
$M_{L,tot}$	<b>Momento longitudinale totale</b>	<b>3278,15</b>		daNm		

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 44 di 69

ALTRI CARICHI						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
<b>CONDIZIONE D : (-5°)+GHIACCIO+50%VENTO</b>						
<b>CARICHI VERTICALI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
F <sub>z,ATT</sub>	Azione verticale Attraversamento aereo	100,13	100,12 63202	daN	$n_{att} \times P_{att} \times Rdq((C_{att^2} + a^2))$	
F <sub>z,palo</sub>	Azione verticale sostegno	957,73		daN	P <sub>palo</sub>	
F <sub>z,tot</sub>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>1157,99</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
F <sub>T,orm,ATT</sub>	Azione d'angolo Attraversamento aereo n.2	148,49	148,49	daN	$TATT \times Corm/2R \pm TATT \times \cos(\arctg(Corm/a))$	
W <sub>T,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	259,54		daN	W <sub>palo</sub> X A <sub>palo</sub>	
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>556,52</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO-X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
W <sub>T,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	-259,54		daN	W <sub>palo</sub> X A <sub>palo</sub>	Solo pali LSF
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>37,45</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
FL <sub>orm,QUAD,n.1-2</sub>	Azioni longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	148,49	148,49	daN	$\sum(i) ((n_{(i,1-2)} \times T_{(i,1-2)}) \times (\cos\alpha_{,i}))$	
W <sub>L,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	181,68		daN	W <sub>palo</sub> x A <sub>palo</sub>	solo pali LSF -LS -LSU
F <sub>I,tot</sub>	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>478,67</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>Fz,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>0,00</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E VENTO +X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

 COMMESSA  
IA7K

 LOTTO  
00 D 18

 CODIFICA  
CL

 DOCUMENTO  
SE0100 002

 REV.  
A

 FOGLIO  
45 di 69

						mento normativo
$M_{FT,orm,ATT}$	Momento dovuto all'azione d'angolo dell'attraversamento aereo n.2	1811,61	1811,61	daNm	$F_{T,orm,ATT} \times (H_{att} + d)$	
$M_{WT,palo}$	Momento dovuto all'azione del vento su sostegno	1557,23		daNm	$W_{T,palo} \times H_{palo} / 2$	valida per pali LSF
$M_{T,tot}$	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale</b>	<b>5180,45</b>			daNm	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI VENTO -X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{WT,palo}$	Momento dovuto all'azione del vento su sostegno	-1557,23		daNm	$W_{T,palo} \times H_{palo} / 2$	valida per pali LSF
$M_{T,tot}$	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento - X</b>	<b>2065,98</b>			daNm	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>						
$M_{FL,orm,QUAD}$ n.1-2	Momento dovuto ai carichi longitudinali ormeggi QUAD 1-2 (CP-OT1-ATT-OA-OPF-FO)	1811,61	1811,61	daNm	$\sum_{(i)} ((FL_{orm,i,n.1-2}) \times (H_{orm,i}) + d)$	
$M_{WL,palo}$	Azione del vento su sostegno	1090,11			$W_{L,palo} \times H_{palo} / 2$	solo pali LSF -LS - LSU
$M_{L,tot}$	<b>Momento longitudinale totale</b>	<b>4713,32</b>			daNm	

Combinazioni di carico NTC 2018								
CMB	Case name	Coeff. Amplif.	Riferimento	N	Fx	Fy	M trasv. MY	M long. Mx
STR1	G1:C.P.S.	1,30	CMB A1 EN50119	1426,64	318,20	318,20	3882,02	3882,02
	G2:C.P.N.S.	1,50						
STR2-V+X	G1:C.P.S.	1,30	CMB D EN50119	1545,43	679,06	445,48	6836,33	5434,82
STR2-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50		1545,43	211,89	445,48	4033,32	5434,82
	Q1: ICE	1,50						
	Q3: WIND X (ICE)	0,90						
STR3-V+X	G1:C.P.S.	1,30	CMB D EN50119	1545,43	834,78	445,48	7770,67	5434,82
STR3-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50		1545,43	56,17	445,48	3098,98	5434,82
	Q1: ICE	0,75						
	Q3: WIND X (ICE)	1,50						
STR4-V+X	G1:C.P.S.	1,30	CMB B EN50119	1426,64	1037,00	286,38	7997,52	3493,81
STR4-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50		1426,64	-464,24	286,38	-1009,89	3493,81
	Q2: WIND X (NO ICE)	1,50						
STR5-V+Y	G1:C.P.S.	1,30	CMB B EN50119	1426,64	286,38	811,83	3493,81	6646,53
STR5-V-Y	G2:C.P.N.S.	1,50		1426,64	286,38	-239,07	3493,81	341,10
	Q2: WIND Y(NO ICE)	1,50						
STR6-V+X	G1:C.P.S.	1,30	CMB B EN50119	1426,64	811,81	654,19	6646,41	5700,71
STR6-V-X	G2:C.P.N.S.	1,50		1426,64	-239,05	654,19	341,22	5700,71
	Q2: WIND X(NO ICE)	1,05						
	Q2: WIND Y(NO ICE)	1,05						

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 46 di 69

<b>STR7</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	212,13	212,13	2588,01	2588,01
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	ECC1	1,00						
<b>SLV1</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	930,43	427,62	7113,30	3945,60
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	Sisma X	1,00						
	Sisma Y	0,30						
<b>SLV2</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	930,43	-3,36	7113,30	1230,42
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	Sisma X	1,00						
	Sisma Y	-0,30						
<b>SLV3</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	-506,17	427,62	-1937,28	3945,60
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	Sisma X	-1,00						
	Sisma Y	0,30						
<b>SLV4</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	-506,17	-3,36	-1937,28	1230,42
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	Sisma X	-1,00						
	Sisma Y	-0,30						
<b>SLV5</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	427,62	930,43	3945,60	7113,30
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	Sisma X	0,30						
	Sisma Y	1,00						
<b>SLV6</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	-3,36	930,43	1230,42	7113,30
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	Sisma X	-0,30						
	Sisma Y	1,00						
<b>SLV7</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	427,62	-506,17	3945,60	-1937,28
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	Sisma X	0,30						
	Sisma Y	-1,00						
<b>SLV8</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	-3,36	-506,17	1230,42	-1937,28
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	Sisma X	-0,30						
	Sisma Y	-1,00						
<b>GEO1-SLU</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1115,11	275,77	275,77	3364,41	3364,41
	G2:C.P.N.S.	1,30						
<b>GEO2-SLU</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB D EN50119	1218,06	588,52	386,08	5924,82	4710,18
	G2:C.P.N.S.	1,30						
	Q1: ICE	1,30						
	Q3: WIND X (ICE)	0,78						
<b>GEO3-SLU</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB D EN50119	1218,06	723,48	386,08	6734,58	4710,18
	G2:C.P.N.S.	1,30						
	Q1: ICE	0,65						
	Q3: WIND X (ICE)	1,30						
<b>GEO4-SLU</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB B EN50119	1115,11	898,73	248,19	6931,19	3027,97

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 47 di 69

	G2:C.P.N.S.	1,30						
	Q2: WIND X (NO ICE)	1,30						
<b>GEO5-SLU</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB B EN50119	1115,11	248,19	703,59	3027,97	5760,33
	G2:C.P.N.S.	1,30						
	Q2: WIND Y(NO ICE)	1,30						
<b>GEO6-SLU</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB B EN50119	1115,11	703,57	566,97	5760,22	4940,62
	G2:C.P.N.S.	1,30						
	Q2: WIND X(NO ICE)	0,91						
	Q2: WIND Y(NO ICE)	0,91						
<b>GEO7-SLU</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	1078,79	212,13	212,13	2588,01	2588,01
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	ECC1	1,00						
<b>Equ1</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB A1 EN50119	970,91	318,20	318,20	3882,02	3882,02
	G2:C.P.N.S.	1,50						
<b>Equ2-V+X</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB D EN50119	1062,21	679,06	445,48	6836,33	5434,82
<b>Equ2-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		1062,21	211,89	445,48	4033,32	5434,82
	Q1: ICE	1,50						
	Q3: WIND X (ICE)	0,90						
<b>Equ3-V+X</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB D EN50119	1042,19	834,78	445,48	7770,67	5434,82
<b>Equ3-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		1042,19	56,17	445,48	3098,98	5434,82
	Q1: ICE	0,75						
	Q3: WIND X (ICE)	1,50						
<b>Equ4-V+X</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB B EN50119	970,91	1037,00	286,38	7997,52	3493,81
<b>Equ4-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		970,91	-464,24	286,38	-1009,89	3493,81
	Q2: WIND X (NO ICE)	1,50						
<b>Equ5-V+Y</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB B EN50119	970,91	286,38	811,83	3493,81	6646,53
<b>Equ5-V-Y</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		970,91	286,38	-239,07	3493,81	341,10
	Q2: WIND Y(NO ICE)	1,50						
<b>Equ6-V+X</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB B EN50119	970,91	811,81	654,19	6646,41	5700,71
<b>Equ6-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		970,91	-239,05	654,19	341,22	5700,71
	Q2: WIND X(NO ICE)	1,05						
	Q2: WIND Y(NO ICE)	1,05						
<b>Equ7</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB A1 EN50119	983,02	212,13	212,13	2588,01	2588,01
	G2:C.P.N.S.	1,00						
	ECC1	1,00						

CARICHI TOT. BASE DEL SOSTEGNO COMB. EN50119 - AMPLIFICATI(1.3)	COND A1	COND A2	COND B	COND C	COND D
CARICHI VERTICALI [daN]	1402,43	1402,43	1402,43	1505,38	1505,38
CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI DIR X [daN]	275,77	202,23	898,73	349,31	723,48
CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI Y [daN]	275,77	202,23	703,59	349,31	622,27
MOMENTI TRASVERSALI [daN]	3364,41	2467,24	6931,19	4261,59	6734,58
MOMENTI LONGITUDINALI [daN]	3364,41	2467,24	5760,33	4261,59	6127,32

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 48 di 69

**10 Schede di verifica del sostegno e del blocco di fondazione**
**TIPOLOGIA SOSTEGNO : LSU22c - NUMERO SOSTEGNO : PALO 1 E 2 FILA**
**Caratteristiche sezione**

<i>descrizione</i>	<i>Simbo</i>	<i>Valor</i>	<i>U.M.</i>	<i>Formula/Rif.</i>
	<i>lo</i>	<i>e</i>		<i>Normativo</i>
Area della sezione	A	74,8	cm <sup>2</sup>	
Modulo elastico dir. X	W <sub>elz</sub>	1212	cm <sup>3</sup>	
Modulo elastico dir. Y	W <sub>ely</sub>	490	cm <sup>3</sup>	
Momento inerzia dir. X	J <sub>x</sub>	2425	cm <sup>4</sup>	
		1		
Momento inerzia dir. Y	J <sub>y</sub>	5382	cm <sup>4</sup>	
Modulo plastico dir. X	W <sub>plx</sub>	1336	cm <sup>3</sup>	
Modulo plastico dir. Y	W <sub>ply</sub>	584	cm <sup>3</sup>	
Area di taglio della sezione UPN	Av	57,49	cm <sup>2</sup>	Eq 4.2.19 NTC 2018
Altezza palo fuori terra	h <sub>ft</sub>	12	m	
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	h <sub>c1</sub>	6,5	m	Trasversale
Altezza ali UPN	h <sub>f</sub>	8,0	cm	
spessore ali UPN	t <sub>f</sub>	1,3	cm	
Altezza anima UPN	h <sub>w</sub>	16,7	cm	
spessore anima UPN	t <sub>w</sub>	0,9	cm	
Raggio di curvatura	r	1,25	cm	
Costante di warping	l <sub>w</sub>	3759	cm <sup>6</sup>	
		9,3		

**Materiali**

Qualità acciaio		S 355 JR		
Modulo elastico	E	2100	N/m	
		00	m <sup>2</sup>	
Modulo di taglio	G	8076	N/m	
		9	m <sup>2</sup>	
Coefficiente di Poisson	ν	0,3		
Densità	ρ	7850	kg/m <sup>3</sup>	
Tensione di snervamento caratt.	f <sub>yk</sub>	355	N/m <sup>2</sup>	
Tensione di rottura caratt.	f <sub>uk</sub>	510	N/m <sup>2</sup>	
coeff. Di sicurezza	γ <sub>ms</sub>	1,10		EN 50119 §6.4.3 tab. 2
Tensione di snervamento di calc.	f <sub>yd</sub>	322,7	N/m <sup>2</sup>	
		3	m <sup>2</sup>	
Tensione di rottura di calc.	f <sub>ud</sub>	463,6	N/m <sup>2</sup>	
		4	m <sup>2</sup>	

**CONDIZIONE VENTO +X**
**1. Verifica di Resistenza**

<i>descrizione</i>	<i>Simbolo</i>	<i>U.M.</i>	<i>Formula/Rif.</i>
			<i>Normativo</i>

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 49 di 69

Azione normale plastica di calcolo	$N_{Pl,Rd}$	2414	daN	$Af_{yk}/\gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
		00,00		
limitazione piano x-x		6035	daN	$0,25 \times N_{Pl,Rd}$
		0,00		
limitazione piano x-x		2425	daN	$0,5hwtwfy/\gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
		2,95		
limitazione piano y-y		4850	daN	$hwtwfy/\gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
		5,91		

**Verifica combinazione**

piano x-x		<i>No contributo azione normale</i>		
piano y-y		<i>No contributo azione normale</i>		
Rapporto	n	0,01		$N_{Ed}/N_{Pl,Rd}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. X	$M_{N,x,R}$ d	4311 6,36	daN m	$W_{pl,x} f_{yk}/\gamma_{Ms}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Y	$M_{N,y,R}$ d	1884 7,27	daN m	$W_{pl,y} \times f_{yk}/\gamma_{Ms}$
Verifica di resistenza		<b>0,47</b>	<b>OK</b>	$(M_{x,Ed}/M_{N,x,Rd}) + (M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd}) \leq 1$
Taglio resistente di calcolo	$V_{c,Rd}$	1071	daN	$(A_v * f_{yk}) / (3^{1/2} * \gamma_{ms})$
		145		
Verifica	$V_{ed} < 50\% V_{c,Rd}$			<i>No Taglio</i>

**2. Verifica di Stabilità**
**2.1.1 Direzione x-x**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo	
	$\beta_x$	2		
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,x}$	13	m	$\beta_x \times hc_1$
Carico critico euleriano	$N_{Cr,x}$	2974		$\pi^2 \times E \times J_t / L_{0,x}^2$
		143		
Snellezza adimensionale	$\lambda_x$	0,94	-	$\sqrt{A} \times f_{yk} / N_{Cr,x}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
		25,58	1,13	$0,5[1 + \alpha(\lambda_x - 0,2) + \lambda_x^2]$
		58		
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi_X$	0,572		$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_x^2} \leq 1$
		5		

**2.1.2 Direzione y-y**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo	
	$\beta_y$	2		
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,y}$	13	m	$\beta_z \times hc_2$
Carico critico euleriano	$N_{Cr,y}$	6600		$\pi^2 \times E \times J_t / L_{0,y}^2$
		48		
Snellezza adimensionale	$\lambda_y$	2,01		$\sqrt{A} \times f_{yk} / N_{Cr,y}$

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
50 di 69

Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49	Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	2,95	$0,5[1+\alpha(\lambda\gamma-0,2)+\lambda\gamma^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi\gamma$	0,195	$1/\Phi+\sqrt{\Phi^2-\lambda\gamma^2}\leq 1$
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc2	6,5	m

**2.2 Coefficienti riduzione per instabilità a flessione deviata per elementi deformabili torsionalmente**

<i>descrizione</i>	<i>Simbolo</i>	<i>U.M.</i>	<i>Formula/Rif. Normativo</i>
	$\lambda_{LTO}$	0,40	
	$\beta$	0,75	
Aliquota momenti flettenti di estremità	$\psi$	0,25	
	kc	0,802	$1/(1,33-0,33\psi)$
Coefficiente correttivo	$\alpha_{LT}$	0,34	Tab. 4.2.IX NTC 2018
Coefficiente che dipende dalle cond. di carico e vincoli	$C_1$	1,0	Valore unitario conservativo
Coefficiente di lunghezza efficace	k	0,70	
Coefficiente di ingobbamento di un estremo	kw	1,0	Valore unitario conservativo
Distanza ritegni torsionali	L	13,00	m
Momento critico elastico di instabilità flessio-torsionale	$M_{cr}$	1775	daN
		6,69	m
Coefficiente di snellezza adimensionale	$\lambda_{LT}$	0,99	$\sqrt{W_y \times f_{yk} / M_{cr}}$
	f	0,908	$1-0,5(1-kc)[1-2,0(\lambda_{LT}-0,8)^2]$
	$\Phi_{LT}$	0,97	$0,5[1+\alpha_{LT}(\lambda_{LT}-\lambda_{LTO})+\beta \times \lambda_{LT}^2]$
	$\chi_{LT}$	0,78	$1/f \times 1/\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_{m1}$	1,1	1,12
Coefficiente correttivo	$\alpha_{my}$	0,7	$\geq 0,4$ tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019
Coefficiente correttivo	$\alpha_{mz}$	0,7	$\geq 0,4$ tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019
Coefficiente correttivo	$\alpha_{mLT}$	0,7	$\geq 0,4$ tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019
coefficiente di interazione	kyy	0,706	$\leq 0,706$ OK

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

 COMMESSA  
IA7K

 LOTTO  
00 D 18

 CODIFICA  
CL

 DOCUMENTO  
SE0100 002

 REV.  
A

 FOGLIO  
51 di 69

coefficiente di interazione	k <sub>yz</sub>	0,467		
coefficiente di interazione	k <sub>zy</sub>	0,927	≥	0,964
coefficiente di interazione	k <sub>zz</sub>	0,778	≤	0,732

NO

**2.3 Verifica a instabilità palo**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
primo termine	0,011		$(N_{ed} - P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk})$
secondo termine	0,180		$k_{yy} \times M_{x,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$
terzo termine	0,146		$k_{yz} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$
somma	<b>0,337</b>	≤	1
primo termine	0,033		$(N_{ed} - P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk})$
secondo termine	0,246		$k_{zy} \times M_{x,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$
terzo termine	0,229		$k_{zz} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$
somma	<b>0,508</b>	≤	1

OK

OK

**3. Calcolo Strapiombo (Condizione A2)**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Somma momenti carichi permanenti vert. e orizz.	M <sub>P+</sub> M <sub>H</sub>	1897 m	daN
Forza applicata per calcolo strapiombo	F	302,2	daN
Freccia provocata dalla forza F	f <sub>0</sub>	0,49	cm
Strapiombo calcolato alla quota della mensola	S <sub>t</sub>	<b>-0,78</b>	mm/ m

$$(F \times hm^3 \times 10^6) / 3 \times J_{eq} \times E \times 10$$

$$-(f_0 \times 10) / hm$$

**4. Verifica di Resistenza in combinazione sismica**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Azione normale plastica di calcolo	N <sub>Pl,Rd</sub>	2414	daN
limitazione piano x-x		00,00	daN
		6035	daN
		0,00	

$$A f_{yk} / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$$

$$0,25 \times N_{Pl,Rd}$$

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 52 di 69

limitazione piano x-x	2425	daN	$0,5hwtwfy/\gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
	2,95		
limitazione piano y-y	4850	daN	$hwtwfy/\gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
	5,91		

**Verifica combinazione**

piano x-x	<i>No contributo azione normale</i>		
piano y-y	<i>No contributo azione normale</i>		
Rapporto	n	0,00	$N_{Ed}/N_{pl,Rd}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. X	$M_{N,x,R}$	4311	daN
	d	6,36	m
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Y	$M_{N,y,R}$	1884	daN
	d	7,27	m
Verifica di resistenza		<b>0,47</b>	<b>OK</b> $(M_{x,Ed}/M_{N,x,Rd})+(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd}) \leq 1$
Taglio resistente di calcolo	$V_{c,Rd}$	1071	daN
		145	
Verifica	$V_{ed} < 50\% V_{c,Rd}$		<i>No Taglio</i>

**5. Verifica di Stabilità in combinazione sismica**
**5.1.1 Direzione x-x**

descrizione	Simbo	Valor	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$l_0$	e		
	$\beta_x$	2		
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,x}$	13	m	$\beta_x \times hc1$
Carico critico euleriano	$N_{Cr,x}$	2974		$\pi^2 \times E \times Jt / L_{0,x}^2$
		143		
Snellezza adimensionale	$\lambda_x$	0,94	-	$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{Cr,x}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	1,13		$0,5[1+\alpha(\lambda_x-0,2)+\lambda_x^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi_X$	0,572		$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_x^2} \leq 1$
		5		
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc1	6,5	m	

**5.1.2 Direzione y-y**

descrizione	Simbo	Valor	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$l_0$	e		
	$\beta_y$	2		
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,y}$	13	m	$\beta_z \times hc2$
Carico critico euleriano	$N_{Cr,y}$	6600		$\pi^2 \times E \times Jt / L_{0,y}^2$
		48		
Snellezza adimensionale	$\lambda_y$	2,01		$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{Cr,y}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
53 di 69

	$\Phi$	2,95		$0,5[1+\alpha(\lambda y-0,2)+\lambda y^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi y$	0,195		$1/\Phi+\sqrt{\Phi^2-\lambda y^2} \leq 1$
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc2	6,5	m	

**5.2 Coefficienti riduzione per instabilità a flessione deviata per elementi deformabili torsionalmente**

descrizione	Simbo lo	Valor e	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\lambda_{LTO}$	0,40		
	$\beta$	0,75		
Aliquota momenti flettenti di estremità	$\psi$	0,25		
	kc	0,802		1/1,33-0,33 $\psi$
Coefficiente correttivo	$\alpha_{LT}$	0,34		Tab. 4.2.IX NTC 2018
Coefficiente che dipende dalle cond. di carico e vincoli	C <sub>1</sub>	1,0		Valore unitario conservativo
Coefficiente di lunghezza efficace	k	0,70		
Coefficiente di ingobbamento di un estremo	kw	1,0		Valore unitario conservativo
Distanza ritegni torsionali	L	13,00	m	
Momento critico elastico di instabilità flessio-torsionale	M <sub>cr</sub>	1775	daN m	Appendice F ENV 1993-1-1
Coefficiente di snellezza adimensionale	$\lambda_{LT}$	0,99		$\sqrt{W_y \times f_{yk} / M_{cr}}$
	5,98 f	0,908		$1-0,5(1-kc)[1-2,0(\lambda_{LT}-0,8)^2]$
	$\Phi_{LT}$	0,97		$0,5[1+\alpha_{LT}(\lambda_{LT}-\lambda_{LTO})+\beta \times \lambda_{LT}^2]$
	$\chi_{LT}$	0,78		$1/f \times 1/\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2-\beta \lambda_{LT}^2}$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_{m1}$	1,1		1,12
Coefficiente correttivo	$\alpha_{my}$	0,7	≥0,4	tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019
Coefficiente correttivo	$\alpha_{mz}$	0,7	≥0,4	tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019
Coefficiente correttivo	$\alpha_{mLT}$	0,7	≥0,4	tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019
coefficiente di interazione	k <sub>yy</sub>	0,704	≤	0,704 OK
coefficiente di interazione	k <sub>yz</sub>	0,453		
coefficiente di interazione	k <sub>zy</sub>	0,949	≥	0,975

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 54 di 69

coefficiente di interazione kzz 0,755 ≤ 0,722 NO

**5.3 Verifica a instabilità palo**

descrizione	Simbo lo	Valor e	U.M.	Formula/Rif. Normativo
primo termine		0,008		$(N_{ed} - P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk})$
secondo termine		0,091		$k_{yy} \times M_{t,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$
terzo termine		0,185		$k_{yz} \times M_{l,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$
somma		<b>0,284</b>	≤ 1	<b>OK</b>
primo termine		0,023		$(N_{ed} - P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk})$
secondo termine		0,126		$k_{zy} \times M_{t,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$
terzo termine		0,295		$k_{zz} \times M_{l,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$
somma		<b>0,445</b>	≤ 1	<b>OK</b>

**CONDIZIONE VENTO -X**
**1. Verifica di Resistenza**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Azione normale plastica di calcolo	$N_{pl,Rd}$	2414 daN	$A f_{yk} / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano x-x		00,00 daN	0,25 x $N_{pl,Rd}$
limitazione piano x-x		2425 daN	$0,5 h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano y-y		2,95 daN	$h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
		4850 daN	$h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
		5,91	

**Verifica combinazione**

piano x-x		No contributo azione normale	
piano y-y		No contributo azione normale	
Rapporto	n	0,01	$N_{ed} / N_{pl,Rd}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. X	$M_{N,x,R}$	4311 daN	$W_{pl,x} f_{yk} / \gamma_{Ms}$
	d	6,36 m	
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Y	$M_{N,y,R}$	1884 daN	$W_{pl,y} f_{yk} / \gamma_{Ms}$
	d	7,27 m	

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 55 di 69

Verifica di resistenza		<b>0,38 OK</b>	$(M_{x,Ed}/M_{N,x,Rd})+(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})\leq 1$
Taglio resistente di calcolo	$V_{c,Rd}$	1071 daN 145	$(A_v * f_{yk}) / (3^{1/2} * \gamma_{ms})$
Verifica	$V_{ed} < 50\% V_{c,Rd}$		<b>No Taglio</b>

**2. Verifica di Stabilità**
**2.1.1 Direzione x-x**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\beta_x$	2	
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,x}$	13 m	$\beta_x \times hc1$
Carico critico euleriano	$N_{Cr,x}$	2974 143	$\pi^2 \times E \times I_t / L_{0,x}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda_x$	0,94	$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{Cr,x}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49	Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	1,13	$0,5[1+\alpha(\lambda_x-0,2)+\lambda_x^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi_x$	0,572 5	$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_x^2} \leq 1$

**2.1.2 Direzione y-y**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\beta_y$	2	
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,y}$	13 m	$\beta_y \times hc2$
Carico critico euleriano	$N_{Cr,y}$	6600 48	$\pi^2 \times E \times I_t / L_{0,y}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda_y$	2,01	$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{Cr,y}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49	Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	2,95	$0,5[1+\alpha(\lambda_y-0,2)+\lambda_y^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi_y$	0,195 2	$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_y^2} \leq 1$
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc2	6,5 m	

**2.2 Coefficienti riduzione per instabilità a flessione deviata per elementi deformabili torsionalmente**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\lambda_{LTO}$	0,40	
	$\beta$	0,75	
Aliquota momenti flettenti di estremità	$\psi$	0,25	
	kc	0,802	$1/1,33-0,33\psi$

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 56 di 69

Coefficiente correttivo	$\alpha_{LT}$	0,34		Tab. 4.2.IX NTC 2018
Coefficiente che dipende dalle cond. di carico e vincoli	$C_1$	1,0		Valore unitario conservativo
Coefficiente di lunghezza efficace	k	0,70		
Coefficiente di ingobbamento di un estremo	$k_w$	1,0		Valore unitario conservativo
Distanza ritegni torsionali	L	13,00	m	
Momento critico elastico di instabilità flessotorsionale	$M_{cr}$	1775	daN 6,69 m	Appendice F ENV 1993-1-1
Coefficiente di snellezza adimensionale	$\lambda_{LT}$	0,99		$\sqrt{W_y \times f_{yk} / M_{cr}}$
	f	0,908		$1-0,5(1-k_c)[1-2,0(\lambda_{LT}-0,8)^2]$
	$\Phi_{LT}$	0,97		$0,5[1+\alpha_{LT}(\lambda_{LT}-\lambda_{LTO})+\beta \times \lambda_{LT}^2]$
	$\chi_{LT}$	0,78		$1/f \times 1/\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_{m1}$	1,1		1,12
Coefficiente correttivo	$\alpha_{my}$	0,7	$\geq 0,4$	tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019
Coefficiente correttivo	$\alpha_{mz}$	0,7	$\geq 0,4$	tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019
Coefficiente correttivo	$\alpha_{mLT}$	0,7	$\geq 0,4$	tab. C4.2.VI Circ. n.7/2019
coefficiente di interazione	$k_{yy}$	0,706	$\leq$	0,706 OK
coefficiente di interazione	$k_{yz}$	0,467		
coefficiente di interazione	$k_{zy}$	0,927	$\geq$	0,964
coefficiente di interazione	$k_{zz}$	0,778	$\leq$	0,732 NO

**2.3 Verifica a instabilità palo**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
primo termine	0,011		$(N_{ed}-P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk})$
secondo termine	0,094		$k_{yy} \times M_{x,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$
terzo termine	0,146		$k_{yz} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 57 di 69

somma	<b>0,251</b>	≤	1	<b>OK</b>
primo termine	0,033		$(N_{ed}-P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk})$	
secondo termine	0,128		$k_{zy} \times M_{x,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$	
terzo termine	0,229		$k_{zz} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$	
somma	<b>0,389</b>	≤	1	<b>OK</b>

**3. Calcolo Strapiombo (Condizione A2)**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Somma momenti carichi permanenti vert. e orizz.	$M_p + M_H$	daN m	
Forza applicata per calcolo strapiombo	F	daN	$(M_p + M_H) / h_m$
Freccia provocata dalla forza F	$f_0$	cm	$(F \times h_m^3 \times 10^6) / 3 \times J_{eq} \times E \times 10$
Strapiombo calcolato [mm/m]	$S_t$	<b>-0,78</b> mm/ m	

**BLOCCO DI FONDAZIONE : P5**
**Materiali - CLS**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	25	N/m <sup>2</sup>	
Coefficiente di sicurezza cls per calcestruzzo non armato	$\gamma_c$	1,5		par. 4.1.2 NTC2018
Resistenza a compressione di calcolo	$\alpha_{cpl}$	1,0		Per blocchi armati valore 1,0
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd}$	16,67	N/m <sup>2</sup>	$\alpha_{cc} \times \alpha_{cpl} \times f_{ck} / \gamma_c$ ; $\alpha_{cc} = 0,85$
Resistenza caratteristica cilindrica media	$f_{cm}$	33	N/m <sup>2</sup>	$f_{ck} + 8$
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	1,80	N/m <sup>2</sup>	$0,7 \times 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	1,20	N/m <sup>2</sup>	$\alpha_{cpl} \times f_{ctk} / \gamma_c$
Modulo elastico	$E_{cm}$	31476	N/m <sup>2</sup>	$22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3}$
Peso specifico CLS	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>	Tabella 3.1.I NTC2018

**Materiali - Armatura**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
-------------	---------	--------	------	------------------------

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
58 di 69

	Blocco	SI		
	o			
	Arma			
	to			
Tensione di snervamento armatura	fyk	450,0	N/m	Par. 11.3.2.1
		0	m <sup>2</sup>	NTC2018
Coefficiente di sicurezza acciaio da armatura	γs	1,15		
Tensione di snervamento armatura di calcolo	fyd	391,3	N/m	fyk/γs
		0	m <sup>2</sup>	

**Terreno di Fondazione**

descrizione	Simbo	Valor	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	lo	e		
Altezza Strato	h	3,0		
Peso di unità di volume naturale	γd	19	kN/m <sup>3</sup>	
Coesione drenata efficace	c'	0,0		
Coesione non drenata	c <sub>u</sub>	0,0		
Angolo di resistenza a taglio terreno	φ'	33	°	

**Dimensioni Blocco di Fondazione**

descrizione	Simbo	Valor	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	lo	e		
Dimensione fondazione trasv. Binario	A	1,80	m	Dis. E64865
Dimensione fondazione long. Binario	B	1,90	m	Dis. E64865
Altezza fondazione	C	2,10	m	Dis. E64865
Dimensione baggioio trav. Binario	A1	0,80	m	Dis. E64865
Dimensione baggioio long. Binario	B1	0,80	m	Dis. E64865
Altezza baggioio (risega per blocco rilevato)	C1	0,50	m	Dis. E64865
Profondità di interramento blocco	Df	2,35	m	C + (C1/2) ; C+0,17 per Rilevato
Area di base blocco di fondazione	Ab	3,42	m <sup>2</sup>	A x B
Volume blocco di fondazione	V	7,3	m <sup>3</sup>	Vmin Dis. E64865
Peso blocco di fondazione	Pb	183,5	kN	γcls x V
Eccentricità carico	Eccx	0,00	m	

**VERIFICHE GEOTECNICHE**

**CONDIZIONE VENTO +X**

**1. Verifica a Ribaltamento - NTC2018+ CEI EN 50119**

descrizione	Simbo	Valor	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	lo	e		
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	Mr <sub>rib,T</sub>	123	kNm	M <sub>T</sub> + (T <sub>T</sub> x (C1+C)) + MSa,T
Coefficiente di spinta passiva	kp	2,36		[(1+sen(arctang(tang φ'/1,25)))/(1-sen(arctang(tang f'/1,25)))]

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 59 di 69

Spinta passiva del terreno direzione trasversale	Sp,T	188,1 kN	$1/2 k_p \times \gamma_d \times C^2 \times B$
Spinta attiva del terreno direzione trasversale	Sa,T	33,68 kN	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times B / k_p$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir trasv	Msp,T	131,7 kNm	$C/3 \times S_p$
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir trasversale	Msa,T	23,58 kNm	$C/3 \times S_a$
Momento resistente totale direzione trasversale	Mres, T	293 kNm	$[N_{ed} \times A_2] + (A_x B_x C_x \gamma_{cls}) \times (A/2) \times 0,9$ $+ ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times \gamma_{cls})) \times A_2 \times 0,9 + M_{sp,T}; [N_{ed} \times (A-A_2) + (A_x B_x C_x \gamma_{cls})] \times (A/2) \times 0,9$ $+ ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times \gamma_{cls})) \times (A-A_2) \times 0,9 + M_{sp,T}^* \text{ ContrTerreno}$
	$\eta_t$	<b>0,420</b>	$M_{rib,T} / (M_{res,T})$
Momento ribaltante di calcolo direzione long	Mrib, L	88,27 kNm	$M_L + (T_L \times (C_1 + C)) + M_{Sa,L}$
Coefficiente di spinta passiva	$k_p$	2,36	$[(1 + \text{sen}(\text{arctang}(\text{tang } \phi'/1,25)))/(1 - \text{sen}(\text{arctang}(\text{tang } f'/1,25)))]$
Spinta passiva del terreno direzione longitudinale	Sp,L	178,2 kN	$1/2 k_p \times \gamma_d \times C^2 \times A$
Spinta attiva del terreno direzione longitudinale	Sa,L	31,91 kN	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times A / k_p$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir long	Msp,L	125 kNm	$C/3 \times S_p$
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir longitudinale	Msa,L	22,33 kNm	$C/3 \times S_a$
Momento resistente totale direzione long	Mres, L	291,6 kNm	$[N_{ed} + P_b \times 0,9] \times (B/2) + M_{sp,L}$
	$\eta_L$	<b>0,303</b>	$M_{rib,L} / (M_{res,L})$
Verifica		<b>0,72</b>	$M_{rib,T} / M_{res,T} + M_{rib,L} / M_{res,L} \leq 1$

**OK**
**2. Verifica a Scorrimento (Approccio 2 A1-M1-R3) - NTC2018**

descrizione	Simbo lo	Valor e	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Coefficiente di attrito fondazione - terreno	$\delta$	19,33		$2/3\phi'$

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
60 di 69

Azione verticale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	1426,6	N	$\gamma_{G1} \times (N_{Ed,min})$
Forza resistente	Fr	68,23	kN	$(N_{Ed} + \gamma_{G1} \times Pb) \times \tan \delta$
Azione di taglio di calcolo - direzione trasversale	F <sub>s</sub>	10,76	kN	(T <sub>ris</sub> )
Verifica	$\eta_t$	<b>6,34</b> <b>OK</b>		(Fr/F <sub>s</sub> )>1,1 Tabella 6.4.I NTC2018

**3. Carico Limite del terreno (Approccio 2 A1-M1-R3) - NTC2018**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M	Formula/Rif. Normativo
Azione verticale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	15,45	kN	N <sub>Ed</sub>
Azione di taglio in direzione trasversale	T <sub>T</sub>	8,35	kN	T <sub>T</sub>
Momento flettente trasversale	M <sub>T</sub>	77,71	kN m	M <sub>T</sub>
Azione di taglio in direzione longitudinale	T <sub>L</sub>	4,45	kN	T <sub>L</sub>
Momento flettente longitudinale	M <sub>L</sub>	54,35	kN m	M <sub>L</sub>
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	M <sub>rrib</sub> , T	122,99	kN m	$M_T + [T_T \times (C+C1)] + M_{sa}, T$
Momento ribaltante di calcolo direzione longitudinale	M <sub>rrib</sub> , L	88,27	kN m	$M_L + [T_L \times (C+C1)] + M_{sa}, L$
Momento resistente dovuto al contributo del terreno	M <sub>t</sub>	65,85	kN m	$(\gamma_{2d} \times k_p \times (B \times C^3/6)) * 0,5$ vedi E64864 rev C
eccentricità in direzione trasversale	e <sub>T</sub>	0,29	m	$(M_{Ttot} - M_t + N_{ed} \times eccx) / [Pb + N_{ed}]$
eccentricità in direzione longitudinale	e <sub>L</sub>	0,11	m	$(M_{Ltot} - M_t) / [Pb + N_{ed}]$
Base equivalente	B'	1,67	m	B-2e <sub>L</sub>
Base equivalente	A'	1,23	m	A-2e <sub>T</sub>
Fattore di capacità portante	N <sub>q</sub>	16,44		$\tan^2(\pi/4 + \phi'/2) e^{\pi \tan \phi'}$
Fattore di capacità portante	N <sub>c</sub>	27,86		(N <sub>q</sub> -1)/tanφ'
Fattore di capacità portante	N <sub>γ</sub>	19,34		2 x (N <sub>q</sub> +1) x tanφ'
Fattore di forma	s <sub>c</sub>	1,65		1+0.2 x (B'/A') x K <sub>p</sub>
Fattore di forma	s <sub>q</sub>	1,32		1+0.1 x (B'/A') x K <sub>p</sub>
Fattore di forma	s <sub>γ</sub>	1,32		s <sub>q</sub>
Fattore di affondamento	d <sub>c</sub>	1,09		$d_q - (1 - d_q) / (N_c \times \tan \phi')$
Fattore di affondamento	d <sub>q</sub>	1,08		$1 + 2 \times \tan \phi' \times (1 - \sin \phi')^2 \times 1 / \tan(D_f/A)$
Fattore di affondamento	d <sub>γ</sub>	1,00		
Sovraccarico laterale	q <sub>0</sub> '	44,65	kN/ m <sup>2</sup>	$\gamma_{2d} \times (C+C1/2)$
Carico limite Fondazione	q <sub>lim</sub>	1346,80	kN/ m <sup>2</sup>	c'N <sub>c</sub> D <sub>csc</sub> + q <sub>0</sub> 'N <sub>q</sub> D <sub>qsq</sub> + 0,5γA' <sub>N</sub> γD <sub>γsγ</sub>

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
61 di 69

Carico limite Fondazione	Fzlim	2764,21	kN	$q_{lim} \times A' \times B'$
Fattore di sicurezza capacità portante	FC	<b>13,89</b>		$Fzlim / [(Ned + Pb) / A' \times B']$
	<b>&gt;2,3</b>	<b>OK</b>		Tabella 6.4.I NTC2018

**4. Rottura del Collare - SOLO PALI M E LS INFISSI NEL  
BLOCCO**

Tale verifica consiste nel valutare la forza di trazione agente nel cuneo di calcestruzzo e verificare che sia inferiore alla sua resistenza a trazione

descrizione	Simbo	Valore	U.M	Formula/Rif.
	lo		.	Normativo
Diametro palo	dp		cm	dp
Altezza in pianta cuneo	Hc		cm	
Infissione palo	t		cm	
Lunghezza cuneo	L		cm	$dp + 2 \times Hc \times \tan 30^\circ$
Braccio forze interne	z		cm	$2/3 \times t$
Forza di trazione	Hu		kN	$3/2 \times (M_T/t) + 1/4 \times T_T$
Forza di compressione	HO		kN	$3/2 \times (M_T/t) + 5/4 \times T_T$
Azione di trazione agente su cuneo a 30°	Tc		kN	$Hu / 2 \times \cos 30^\circ$
Lato frattura a 30°	Lc		cm	$Hc / \cos 30^\circ$
Altezza zona di trazione	Tt		cm	$t/2$
Tensione media su ciascun piano di rottura	$\sigma_m$		MP	$Tc / (t \times Lc)$
			a	
Tensione massima di trazione	$\sigma_t$		MP	$Tc / (t \times l / 2 \times Lc)$
			a	

**<fctd**

**VERIFICHE GEOTECNICHE IN COMBINAZIONE  
SISMICA**

**5. Verifica a Ribaltamento - NTC2018+ CEI EN  
50119**

descrizione	Simbo	Valore	U.M	Formula/Rif.
	lo		.	Normativo
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	Mrib, T	-105,82	kN m	$M_T + (T_T \times (C1+C)) + MSa, T + cx^*$ MSi, BI
Coefficiente di spinta passiva	kp	4,52		Kpe
Spinta passiva del terreno direzione trasversale	Sp,T	326,38	kN	$1/2 \times kp \times (1 - kv) \times \gamma_d \times C^2 \times B$
Spinta attiva del terreno direzione trasversale	Sa,T	41,32	kN	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times B \times ka$ $(1 + kv)$
	kh	0,19		$\beta \text{ ag/g}$
	kv	0,09		$0,5 \times kh$
Spinta inerziale sismica blocco	Si, BI	34,13		Pbl x Kh
Momento ribaltante dovuto alla spinta inerziale blocco	Msi, BI	44,37	kN m	$(C + C1) / 2 \times Si, BI$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir trasv	Msp, T	228,47	kN m	$C / 3 \times Sp$

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
62 di 69

Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir trasversale	Msa,T	-28,92	kN m	C/3 x Sa
Momento resistente totale direzione trasversale	Mres, T	161,62	kN m	[Ned x A2) + (AxBxCxγcls)] x (A/2) x 0,9 +((A1xB1xC1xγcls))x A2 x 0,9+Msp,T;[Nedx (A-A2) + (AxBxCxgcls)] x (A/2) x 0,9 +((A1xB1xC1xgcls))x (A-A2) x 0,9+Msp,T* ContrTerreno Mrrib,T/(Mres,T)
Momento ribaltante di calcolo direzione long	ηt Mrrib, L	<b>0,655</b> 91,28	kN m	ML + (TL x (C1+C)))+MSa,L*cyM Si,BI
Coefficiente di spinta attiva	ka	0,47		kae
Spinta passiva del terreno direzione longitudinale	Sp,L	309,21	kN	1/2kp(1-kv) x γd x C <sup>2</sup> x A x ContTerreno
Spinta attiva del terreno direzione longitudinale	Sa,L	39,14	kN	1/2x γd x C <sup>2</sup> x A X ka x (1+kv)
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir long	Msp,L	216,44	kN m	C/3 x Sp
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir longitudinale	Msa,L	27,40	kN m	C/3 x Sa
Momento resistente totale direzione long	Mres, L	383,59	kN m	[Ned+ Pb x 0,9)] x (B/2) + Msp,L
Verifica	ηL	<b>0,238</b> <b>0,89</b>		Mrrib,L/(Mres,L) Mrrib,T/Mres,T + Mrrib,L/Mres,L ≤1
		<b>OK</b>		

**6. Verifica a Scorrimento (Approccio 2 SIS-M1-R3) - NTC2018**

descrizione	Simbo lo	Valore	U.M	Formula/Rif. Normativo
Coefficiente di attrito fondazione - terreno	δ	19,33	.	2/3φ'
Azione verticale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	1078,8	N	(N <sub>ed</sub> )
Forza resistente	Fr	68,17	kN	(N <sub>Ed</sub> + γ <sub>G1</sub> x Pb) x tanδ
Azione di taglio di calcolo - direzione trasversale	Fs	10,24	kN	T <sub>ris</sub>
Verifica	ηt	<b>6,66</b> <b>OK</b>		(Fr/Fs)>1,1 Tabella 6.4.I NTC2018

**7. Carico Limite del terreno (Approccio 2 SIS-M1-R3) - NTC2018**

descrizione	Simbo lo	Valore	U.M	Formula/Rif. Normativo
Azione verticale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	10,79	kN	N <sub>ed</sub>

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 63 di 69

Azione di taglio in direzione trasversale	$T_T$	4,28	kN	$T_T$
Momento flettente trasversale	$M_T$	39,46	kN	$M_T$
			m	
Azione di taglio in direzione longitudinale	$T_L$	9,30	kN	$T_L$
Momento flettente longitudinale	$M_L$	71,13	kN	$M_L$
			m	
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	$M_{rib,T}$	91,28	kN	$M_T + [T_T \times$
	$T$		m	$(C+C1)] + M_{Si, BI} \cdot c_x +$
				$M_{Sa, T}$
Momento ribaltante di calcolo direzione longitudinale	$M_{rib,L}$	168,62	kN	$M_L + [T_L \times$
	$L$		m	$(C+C1)] + M_{Si, BI} \cdot c_y +$
				$M_{Sa, L}$
Momento resistente dovuto al contributo del terreno	$M_t$	114,23	kN	$(\gamma_{2d} \times k_p(1-K_v) \times (B \times$
			m	$C^3/6) \times 0,5)$ -vedi
				E64864 rev c
eccentricità in direzione trasversale	$e_T$	0,00	m	$(M_T - M_t + N_{ed} \times$
				$e_{ccx}) / [P_b + N_{ed}]$
eccentricità in direzione longitudinale	$e_L$	0,28	m	$(M_L - M_t) / [P_b + N_{ed}]$
Base equivalente	$B'$	1,34	m	$B - 2e_L$
Base equivalente	$A'$	1,80	m	$A - 2e_T$
Fattore di capacità portante	$N_q$	16,44		$\tan^2(\pi/4 + \phi'/2) e^{\pi \tan \phi'}$
Fattore di capacità portante	$N_c$	27,86		$(N_q - 1) / \tan \phi'$
Fattore di capacità portante	$N_\gamma$	19,34		$2 \times (N_q + 1) \times \tan \phi'$
Fattore di forma	$s_c$	1,34		$1 + 0.2 \times (B'/A') \times K_p$
Fattore di forma	$s_q$	1,17		$1 + 0.1 \times (B'/A') \times K_p$
Fattore di forma	$s_\gamma$	1,17		$s_q$
Fattore di affondamento	$d_c$	1,09		$d_q - (1 - d_q) / (N_c \times$
				$\tan \phi')$
Fattore di affondamento	$d_q$	1,08		$1 + 2 \times \tan \phi' \times (1 -$
				$\sin \phi')^2 \times 1 / \tan(D_f/A)$
Fattore di affondamento	$d_\gamma$	1,00		
Sovraccarico laterale	$q_0'$	44,65	kN/ m <sup>2</sup>	$\gamma_{2d} \times (C + C1/2)$
Carico limite Fondazione	$q_{lim}$	1313,22	kN/ m <sup>2</sup>	$c'N_cDcsc +$
				$q_0'N_qDqsq +$
				$0,5\gamma A'N_\gamma D\gamma s_\gamma$
Carico limite Fondazione	$Fz_{lim}$	3167,97	kN	$q_{lim} \times A' \times B'$
Fattore di sicurezza capacità portante	$FC$	<b>16,31</b>		$Fz_{lim} / [(N_{ed} + P_b) / A' \times$
				$B']$
	<b>&gt;2,3</b>	<b>OK</b>		Tabella 6.4.I
				NTC2018

**8. Rottura del Collare - SOLO PALI M E LS COMBINAZIONE SISMICA  
 INFISSI NEL BLOCCO**

Tale verifica consiste nel valutare la forza di trazione agente nel cuneo di calcestruzzo e verificare che sia inferiore alla sua resistenza a trazione

descrizione	Simbo lo	Valore	U.M	Formula/Rif. Normativo
-------------	-------------	--------	-----	---------------------------

**CTE BRINDISI**

**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
SE0100 002

REV.  
A

FOGLIO  
64 di 69

Diametro palo	dp	cm	dp
Altezza in pianta cuneo	Hc	cm	
Infissione palo	t	cm	
Lunghezza cuneo	L	cm	$dp+2 \times Hc \times \text{tg}30^\circ$
Braccio forze interne	z	cm	$2/3xt$
Momento agente	$M_T$	kN	Med+Msi,BI
		m	
Forza di Taglio agente	$T_T$	kN	Ted+Si,BI
Forza di Trazione	Hu	kN	$3/2x(M_T/t)+1/4xT_T$
Forza di compressione	H0	kN	$3/2x(M_T/t)+5/4xT_T$
Azione di trazione agente su cuneo a 30°	Tc	kN	$Hu/2/\text{cos}30^\circ$
Lato frattura a 30°	Lc	cm	$Hc/\text{cos}30^\circ$
Altezza zona di trazione	Tt	cm	t/2
Tensione media su ciascun piano di rottura	$\sigma_m$	MP	$Tc/(t \times Lc)$
		a	
Tensione massima di trazione	$\sigma_t$	MP	$Tc/(t \times l / 2 \times Lc)$
		a	

<fctd

**VERIFICHE GEOTECNICHE**

**CONDIZIONE VENTO -X**

**1. Verifica a Ribaltamento - NTC2018+ CEI EN  
50119**

descrizione	Simbo lo	Valore	U.M	Formula/Rif. Normativo
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	Mrib, T	69,42	kN m	$M_T + (T_T \times (C1+C)) + MSa,T$
Coefficiente di spinta passiva	kp	2,36		$[(1+\text{sen}(\text{arctang}(\tan g \phi'/1,25)))/(1-\text{sen}(\text{arctang}(\tan g f'/1,25)))]$
Spinta passiva del terreno direzione trasversale	Sp,T	188,13	kN	$1/2kp \times \gamma_d \times C^2 \times B$
Spinta attiva del terreno direzione trasversale	Sa,T	33,68	kN	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times B / kp$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir trasv	Msp,T	131,69	kN m	$C/3 \times Sp$
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir trasversale	Msa,T	23,58	kN m	$C/3 \times Sa$
Momento resistente totale direzione trasversale	Mres, T	293,17	kN m	$[Ned \times A2) + (AxBxCx\gamma_{cls})] \times (A/2) \times 0,9$ $+((A1xB1xC1x\gamma_{cls})) \times A2 \times 0,9 + Msp,T; [Nedx (A-A2) + (AxBxCx\gamma_{cls})] \times (A/2) \times 0,9$ $+((A1xB1xC1x\gamma_{cls})) \times (A-A2) \times 0,9 + Msp,T^*$ ContrTerreno
	$\eta_t$	<b>0,237</b>		$Mrib,T/(Mres,T)$
Momento ribaltante di calcolo direzione long	Mrib, T	88,27	kN	$M_L + (T_L \times$

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 65 di 69

Coefficiente di spinta passiva	L kp	2,36	m	$(C1+C))+MSa,L$ $[(1+\text{sen}(\text{arctang}(\tan g \phi'/1,25)))/(1-\text{sen}(\text{arctang}(\tan g \phi'/1,25)))]$
Spinta passiva del terreno direzione longitudinale	Sp,L	178,23	kN	$1/2kp \times \gamma_d \times C^2 \times A$
Spinta attiva del terreno direzione longitudinale	Sa,L	31,91	kN	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times A / kp$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir long	Msp,L	124,76	kN m	$C/3 \times Sp$
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir longitudinale	Msa,L	22,33	kN m	$C/3 \times Sa$
Momento resistente totale direzione long	Mres, L	291,75	kN m	$[N_{ed} + Pb \times 0,9)] \times (B/2) + Msp,L$
Verifica	$\eta L$	<b>0,303</b> <b>0,54</b>		$Mrib,L/(Mres,L)$ $Mrib,T/Mres,T + Mrib,L/Mres,L \leq 1$ <b>OK</b>

**2. Verifica a Scorrimento (Approccio 2 A1-M1-R3) - NTC2018**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Coefficiente di attrito fondazione - terreno	$\delta$	19,33	.	$2/3\phi'$
Azione verticale di calcolo	$N_{Ed}$	1426,6	N	$\gamma_{G1} \times (N_{ed,min})$
Forza resistente	Fr	68,23	kN	$(N_{Ed} + \gamma_{G1} \times Pb) \times \tan \delta$
Azione di taglio di calcolo - direzione trasversale	Fs	6,97	kN	$(T_{ris})$
Verifica	$\eta_t$	<b>9,80</b> <b>OK</b>		$(Fr/Fs) > 1,1$ Tabella 6.4.I NTC2018

**3. Carico Limite del terreno (Approccio 2 A1-M1-R3) - NTC2018**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Azione verticale di calcolo	$N_{Ed}$	14,27	kN	$N_{ed}$
Azione di taglio in direzione trasversale	$T_T$	-2,39	kN	$T_T$
Momento flettente trasversale	$M_T$	3,41	kN m	$M_T$
Azione di taglio in direzione longitudinale	$T_L$	6,54	kN	$T_L$
Momento flettente longitudinale	$M_L$	57,01	kN m	$M_L$
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	$M_{rib}, T$	20,77	kN m	$M_T + [T_T \times (C+C1)] + Msa,T$
Momento ribaltante di calcolo direzione longitudinale	$M_{rib}, L$	96,35	kN m	$M_L + [T_L \times (C+C1)] + Msa,L$
Momento resistente dovuto al contributo del	Mt	65,85	kN	$(\gamma_{2d} \times kp \times (B \times$

**CTE BRINDISI**
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
 prima e seconda fila**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 SE0100 002

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 66 di 69

terreno			m	$C^3/6)) * 0,5$ vedi E64864 rev C
eccentricità in direzione trasversale	$e_T$	0,00	m	$(M_T - M_t + N_{ed} x$ $eccx) / [P_b + N_{ed}]$
eccentricità in direzione longitudinale	$e_L$	0,15	m	$(M_L - M_t) / [P_b + N_{ed}]$
Base equivalente	$B'$	1,59	m	$B - 2e_L$
Base equivalente	$A'$	1,80	m	$A - 2e_T$
Fattore di capacità portante	$N_q$	16,44		$\tan^2(\pi/4 + \phi'/2) e^{\pi \tan \phi'}$
Fattore di capacità portante	$N_c$	27,86		$(N_q - 1) / \tan \phi'$
Fattore di capacità portante	$N_\gamma$	19,34		$2 x (N_q + 1) x \tan \phi'$
Fattore di forma	$s_c$	1,42		$1 + 0.2 x (B'/A') x K_p$
Fattore di forma	$s_q$	1,21		$1 + 0.1 x (B'/A') x K_p$
Fattore di forma	$s_\gamma$	1,21		$s_q$
Fattore di affondamento	$d_c$	1,09		$d_q - (1 - d_q) / (N_c x$ $\tan \phi')$
Fattore di affondamento	$d_q$	1,08		$1 + 2 x \tan \phi' x (1 -$ $\sin \phi')^2 x 1 / \tan(D_f/A)$
Fattore di affondamento	$d_\gamma$	1,00		
Sovraccarico laterale	$q_0'$	44,65	kN/ m <sup>2</sup>	$\gamma_{2d} x (C + C1/2)$
Carico limite Fondazione	$q_{lim}$	1358,35	kN/ m <sup>2</sup>	$c' N_c D_c s_c +$ $q_0' N_q D_q s_q +$ $0,5 \gamma A' N_\gamma D_\gamma s_\gamma$
Carico limite Fondazione	$F_{zlim}$	3891,29	kN	$q_{lim} x A' x B'$
Fattore di sicurezza capacità portante	FC	<b>19,68</b>		$F_{zlim} / [(N_{ed} + P_b) / A' x$ $B']$
		<b>&gt;2,3</b>		Tabella 6.4.I NTC2018

**4. Rottura del Collare - SOLO PALI M E LS INFISSI NEL  
 BLOCCO**

Tale verifica consiste nel valutare la forza di trazione agente nel cuneo di calcestruzzo e verificare che sia inferiore alla sua resistenza a trazione

descrizione	Simbo	Valore	U.M	Formula/Rif.
	$l_0$		.	Normativo
Diametro palo	$d_p$		cm	$d_p$
Altezza in pianta cuneo	$H_c$		cm	
Infissione palo	$t$		cm	
Lunghezza cuneo	$L$		cm	$d_p + 2 x H_c x \tan 30^\circ$
Braccio forze interne	$z$		cm	$2/3 x t$
Forza di trazione	$H_u$		kN	$3/2 x (M_T/t) + 1/4 x T_T$
Forza di compressione	$H_0$		kN	$3/2 x (M_T/t) + 5/4 x T_T$
Azione di trazione agente su cuneo a 30°	$T_c$		kN	$H_u / \cos 30^\circ$
Lato frattura a 30°	$L_c$		cm	$H_c / \cos 30^\circ$
Altezza zona di trazione	$T_t$		cm	$t/2$
Tensione media su ciascun piano di rottura	$\sigma_m$		MP	$T_c / (t x L_c)$
			a	
Tensione massima di trazione	$\sigma_t$		MP	$T_c / (t x 1/2 x L_c)$

a

<fctd

**CTE BRINDISI**  
**Relazione di calcolo fondazioni pali sezionatori di  
prima e seconda fila**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IA7K 00 D 18 CL SE0100 002 A 68 di 69

Case	cx	cy	V.Res+X	V.Res-X	V.Res SISMA	V.Stab +X	V.Stab -X	V.Stab SISMA	V.Rib +X	V.Rib -X	V.Rib SISMA	V.C.Lim+X	V.C.Lim-X	V.C.Lim SISMA	V.Scorr+X	V.Scorr-X	V.Scorr SISMA	V.R.Cono+X	V.R.Cono -X	V.R.Cono SISMA
STR1			0,296	0,296		0,316	0,316					23,022	23,022		15,162	15,162				
STR2-V+X			0,447			0,478						15,413			8,441					
STR2-V-X				0,382			0,389						20,307			13,896				
STR3-V+X			0,469			0,508						13,894			7,245					
STR3-V-X				0,360			0,360						20,766			15,267				
STR4-V+X			0,371			0,431						15,377			6,342					
STR4-V-X				0,209			0,209						24,277			12,509				
STR5-V+Y			0,434			0,420						17,701			7,926					
STR5-V-Y				0,099			0,156						24,260			18,290				
STR6-V+X			0,457			0,481						14,370			6,544					
STR6-V-X				0,310			0,280						19,676			9,796				
STR7			0,197	0,197		0,213	0,213					24,712	24,712		22,431	22,431				
SLV1	1,00	0,30			0,374			0,415			0,670			16,883				6,657		
SLV2	1,00	-0,30			0,230			0,302			0,501			16,883				7,326		
SLV3	-1,00	0,30			0,254			0,249			0,893			24,511				10,287		
SLV4	-1,00	-0,30			0,110			0,136			0,723			24,511				13,467		
SLV5	0,30	1,00			0,469			0,445			0,674			16,306				6,657		
SLV6	-0,30	1,00			0,406			0,358			0,507			16,306				7,326		
SLV7	0,30	-1,00			0,194			0,230			0,510			24,511				10,287		
SLV8	-0,30	-1,00			0,131			0,143			0,343			24,511				13,467		
Equ1									0,480	0,480										
Equ2-V+X									0,676											
Equ2-V-X										0,539										
Equ3-V+X									0,723											
Equ3-V-X										0,494										
Equ4-V+X									0,669											
Equ4-V-X										0,507										
Equ5-V+Y									0,603											
Equ5-V-Y										0,293										
Equ6-V+X									0,711											
Equ6-V-X										0,402										
Equ7									0,373	0,373										
Case	cx	cy	V.Res+X	V.Res-X	V.Res SISMA	V.Stab +X	V.Stab -X	V.Stab SISMA	V.Rib +X	V.Rib -X	V.Rib SISMA	V.C.Lim+X	V.C.Lim-X	V.C.Lim SISMA	V.Scorr+X	V.Scorr-X	V.Scorr SISMA	V.R.Cono+X	V.R.Cono -X	V.R.Cono SISMA
			0,47	0,382	0,469	0,508	0,389	0,445	0,723	0,539	0,893	13,894	19,676	16,306	6,342	9,796	6,657	0,000	0,000	0,000
			STR3-V+X	STR2-V-X	SLV5	STR3-V+X	STR2-V-X	SLV5	Equ3-V+X	Equ2-V-X	SLV3	STR3-V+X	STR6-V-X	SLV5	STR4-V+X	STR6-V-X	SLV1			
			4	3	17	4	3	17	24	23	15	4	11	17	6	11	13			
N [daN]			1545,43	1545,43	1078,79	1545,43	1545,43	1078,79	1042,19	1062,21	1078,79	1545,43	1426,64	1078,79	1426,64	1426,64	1078,79			
T.Trasv X [daN]			834,78	211,89	427,62	834,78	211,89	427,62	834,78	211,89	-506,17	834,78	-239,05	427,62	1037,00	-239,05	930,43			
T.Long Y [daN]			445,48	445,48	930,43	445,48	445,48	930,43	445,48	445,48	427,62	445,48	654,19	930,43	286,38	654,19	427,62			
M.trasv [daN*m]			7770,67	4033,32	3945,60	7770,67	4033,32	3945,60	7770,67	4033,32	-1937,28	7770,67	341,22	3945,60	7997,52	341,22	7113,30			
M.Long [daN*m]			5434,82	5434,82	7113,30	5434,82	5434,82	7113,30	5434,82	5434,82	3945,60	5434,82	5700,71	7113,30	3493,81	5700,71	3945,60			

## 11 Riepilogo dei carichi e delle verifiche effettuate

Di seguito sono riportate le schede riepilogative illustranti:

a.- strapiombi e dati fondazione

b.- gli indici di sfruttamento delle verifiche sui sostegni e blocchi

<b>DATI SISMICI</b> Acc. di progetto Sv(t1) <input type="text" value="0,75"/>		<b>DATI FONDAZIONE (P5)</b> A [m] <input type="text" value="1,8"/> V [m³] <input type="text" value="7,34"/> B [m] <input type="text" value="1,9"/> Ecc [m] <input type="text" value="0"/> C [m] <input type="text" value="2,1"/> Blocco Armato <input type="text"/> A1 [m] <input type="text" value="0,8"/> B1 [m] <input type="text" value="0,8"/> Contributo del terreno lato opposto C1 [m] <input type="text" value="0,5"/> binario [%] <input type="text" value="0"/>	
<b>VALORI STRAPIOMBO</b> Strapiombo [mm/m] <input type="text" value="-0,8"/> Strapiombo [cm H mensola] <input type="text" value="0"/>			
<b>VERIFICHE SOSTEGNO (LSU22c)</b>			
	<b>Vento +X</b> Verifica di Resistenza <input type="text" value="OK"/> 0,47<1,0 Verifica a Stabilità <input type="text" value="OK"/> 0,51<1,0	<b>Vento -X</b> Verifica di Resistenza <input type="text" value="OK"/> 0,38<1,0 Verifica a Stabilità <input type="text" value="OK"/> 0,39<1,0	<b>SISMICA</b> Verifica di Resistenza <input type="text" value="OK"/> 0,47<1,0 Verifica a Stabilità <input type="text" value="OK"/> 0,44<1,0
<b>VERIFICHE BLOCCO DI FONDAZIONE (P5)</b>			
	<b>Vento +X</b> Ver. Ribaltamento <input type="text" value="OK"/> 0,72<1,0 Ver. Scorrimento <input type="text" value="OK"/> 6,34>1,1 Ver. Carico Limite <input type="text" value="OK"/> 13,89>2,3 Ver. Collare <input type="text" value="N/A"/> -	<b>Vento -X</b> Ver. Ribaltamento <input type="text" value="OK"/> 0,54<1,0 Ver. Scorrimento <input type="text" value="OK"/> 9,8>1,1 Ver. Carico Limite <input type="text" value="OK"/> 19,68>2,3 Ver. Collare <input type="text" value="N/A"/> -	<b>SISMICA</b> Ver. Ribaltamento <input type="text" value="OK"/> 0,89<1,0 Ver. Scorrimento <input type="text" value="OK"/> 6,66>1,1 Ver. Carico Limite <input type="text" value="OK"/> 16,31>2,3 Ver. Collare <input type="text" value="N/A"/> -

### Riepilogo delle verifiche

## 12 Conclusioni

In conclusione è emerso che il sostegno ed il relativo blocco di fondazione analizzato per la configurazione di carico in oggetto alla presente relazione è idoneo a sostenere i carichi ad esso applicati.