

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. TECNOLOGIE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

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

ELABORATI GENERALI

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE E FONDAZIONI FUORI STANDARD:  
SOSTEGNO TE IN ESTERNO CURVA R=500m CON DR MAGGIORATA

SCALA:

-

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

I A 7 K 0 0 D 1 8 C L L C 0 0 0 0 0 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	C. D'Agostini 	Dic. 2019	A. Giuseppone 	Dic. 2019	T. Paoletti 	Dic. 2019	G. Guidi Buffarini, Dicembre 2019  ITALFERR S.p.A. U.O. Tecnologie Centro Ing. Guido Buffarini Ordine Ingegneri Provincia di Roma n° 17812

File: IA700D18CLLC0000003A.doc

n. Elab.:

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
2 di 71

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2. INTRODUZIONE</b> .....	<b>4</b>
1.1 IPOTESI DI CALCOLO .....	4
1.2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
1.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
1.4 PARAMETRI GEOTECNICI.....	6
1.5 DESCRIZIONE DEI MATERIALI .....	6
1.5.1 Opere in calcestruzzo armato .....	7
<b>2. CALCOLO AZIONI SUI SOSTEGNI</b> .....	<b>8</b>
2.1 PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI.....	8
2.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI VERTICALI .....	8
2.3 SOVRACCARICHI PERMANENTI ORIZZONTALI .....	8
2.4 TABELLA PESI E TIRI SUI CONDUTTORI .....	8
2.5 SOVRACCARICHI VARIABILI.....	9
2.5.1 Azione del ghiaccio .....	9
2.5.2 Azione del vento.....	10
2.5.3 Vento trasversale (ai binari) .....	11
2.5.4 Azione Sismica (da relazione Geologica Generale).....	13
2.5.5 Azione Aerodinamica .....	19
2.6 CARICHI ECCEZIONALI .....	20
2.6.1 Rottura dei conduttori .....	20
2.6.2 Sostituzione dei fili di contatto.....	21
<b>3. COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	<b>22</b>
<b>4. CRITERI DI VERIFICA DEI SOSTEGNI</b> .....	<b>24</b>
4.1 VERIFICHE DI RESISTENZA DEL SOSTEGNO .....	24
4.2 VERIFICHE A TAGLIO.....	24
4.3 VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE RETTA (COMBINAZIONI STR-SISMA).....	24
4.4 VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PALO E DELLE TRALICCIATURE.....	25
4.5 CALCOLO DELLO STRAPIOMBO.....	27
<b>5. CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONI</b> .....	<b>28</b>
5.1 VERIFICHE DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE.....	28
5.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE .....	28
5.3 CAPACITÀ PORTANTE FONDAZIONE.....	29
5.4 VERIFICA A RIBALTAMENTO (EQU-M2-R2) .....	31
5.5 VERIFICA A SCORRIMENTO (APPROCCIO 2-A1-M1-R3).....	32
5.6 VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI .....	33
5.6.1 Limiti Normativi .....	33
5.6.2 Criteri di verifica.....	33
<b>6. METODO DI CALCOLO</b> .....	<b>33</b>
<b>7. DESCRIZIONE DEL SOSTEGNO IMPIEGATI FUORI STANDARD</b> .....	<b>33</b>
7.1 SCHEMA DI CARICO GENERALE .....	33
7.2 SOSTEGNO TIPO 1 .....	34
7.3 VERIFICA ARMATURE BLOCCO DI FONDAZIONE TIPO B3 .....	36
<b>8. VERIFICA INSTABILITÀ TRALICCIATURE</b> .....	<b>37</b>

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
3 di 71

9	SCHEDA DEI CARICHI ALLA BASE DEL SOSTEGNO .....	38
10	SCHEDA DI VERIFICA DEL SOSTEGNO E DEL BLOCCO DI FONDAZIONE .....	55
11	RIEPILOGO DEI CARICHI E DELLE VERIFICHE EFFETTUATE.....	71
12	CONCLUSIONI .....	71

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

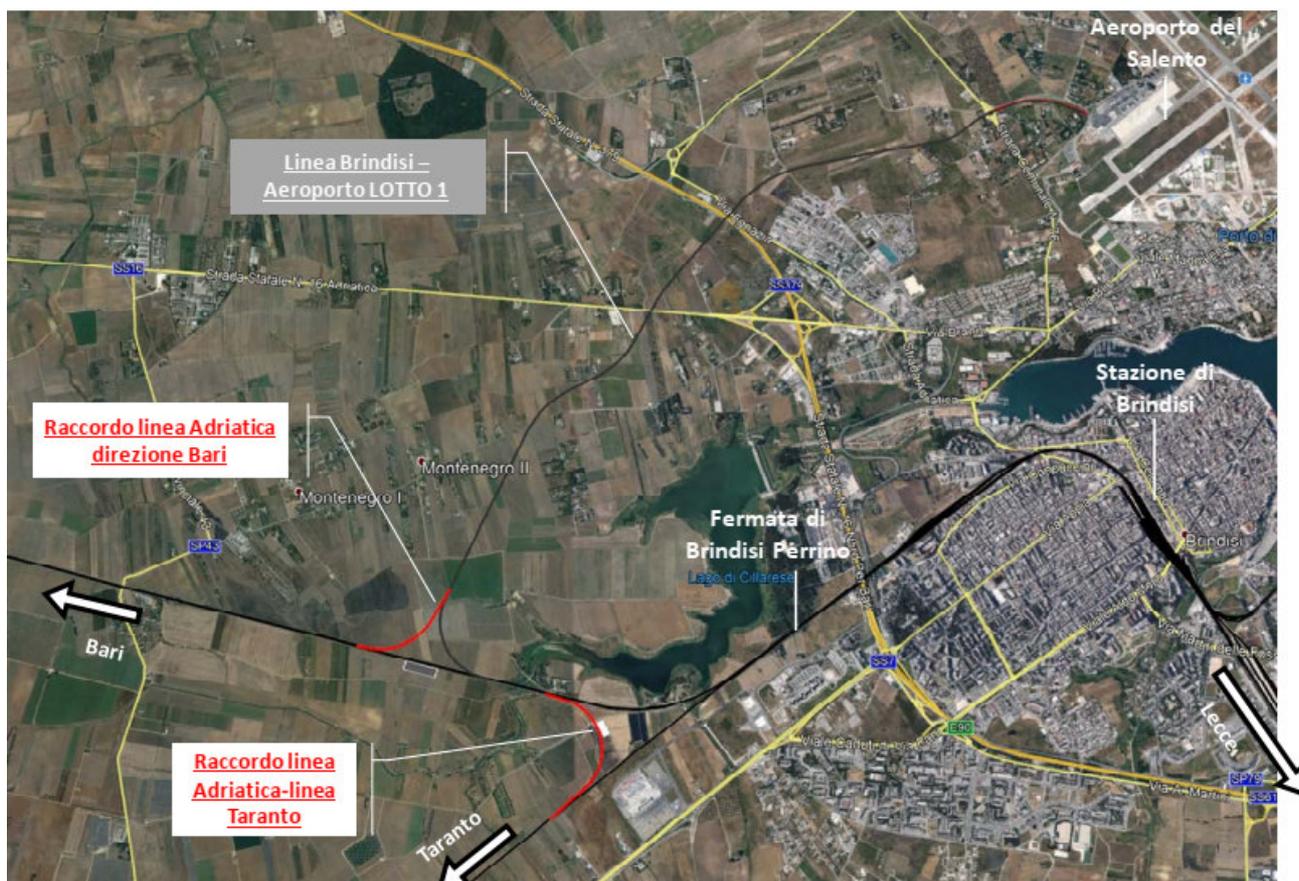
REV.  
A

FOGLIO  
4 di 71

## 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 della linea Brindisi – Aeroporto di Trazione Elettrica impiegato nella configurazione di carico fuori standard illustrato al paragrafo 7 della presente relazione di calcolo.

### 1.1 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;

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni fuori standard: sostegno TE in esterno curva R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
5 di 71

- 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 le verifiche 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.

## 1.2 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";

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 6 di 71

- **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"

### 1.3 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] IA7B01F10GEGE0006001 A	Relazione geotecnica generale
A[2] IA7K00D18P8LC0100001A	Stazione Aeroporto del Salento - Piano di elettrificazione e CPTE

Tabella 1 - Documenti di riferimento

### 1.4 Parametri Geotecnici

Di seguito si riportano i parametri utilizzati per i calcoli di verifica desunti dalla relazione geotecnica generale (documento di riferimento IA7B.01.F.10.GE.GE.00.0.6.001.A):

Peso di volume naturale             $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$   
 Angolo di attrito terreno             $\phi' = 25^\circ$   
 Coesione drenata                     $c' = 0$

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

Unità	da [m]	a [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$E_{op}$ [MPa]	k [m/s]	v [-]
<b>COP</b>	0	-0.5/-1	19.0	25-28	0	-	10-15	-	-
<b>ALL_1S</b> Sabbia fina limosa	-0.5/-1	-10.00	19.0	32-35	0	-	20-25	1E-05	0.2
<b>ALL2_G</b> Limo sabbioso	-10.00	-20.00	20.0	26-29	0-5	150-190	25-27	1E-07	0.2
<b>ALL3_A</b> Argilla	-20.00	-30.00 (e oltre)	20.0	22-24	15-35	250-300	30-40	1E-09	0.2

### 1.5 Descrizione dei materiali

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

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni fuori standard: sostegno TE in esterno curva R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
7 di 71

### 1.5.1 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:	Rck = 30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica:	fck = 25 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica media:	fcm = fck + 8 = 33 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione semplice:	fctm = 0.30 fck 2/3 = 2.56 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione:	fcfm = 1.2 fctm = 3.08 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%):	fctk = 0.7 fctm = 1.79 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%):	fctk = 1.3 fctm = 3.33 N/mm <sup>2</sup>

Modulo di elasticità longitudinale	Ecm = 22.000 [fcm/10] <sup>0.3</sup> = 31476 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	ν = 0.1
Coeff. espansione termica lineare	α = 10 x 10 <sup>-6</sup> per °C-1
Densità	ρ = 2500 kg/m <sup>3</sup>

Coefficiente sicurezza SLU	γ <sub>C</sub> = 1,50
Resistenza di calcolo a compressione SLU	fcd = 0,85 fck / γ <sub>C</sub> = 14.17 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU	fctd = 0.7 fctk / γ <sub>C</sub> = 1.20 N/mm <sup>2</sup>

Coefficiente sicurezza SLE	γ <sub>C</sub> = 1,00
combinazione rara	σ <sub>C,ad</sub> = 0,60 fck = 15.00 N/mm <sup>2</sup>
combinazione quasi permanente	σ <sub>C,ad</sub> = 0,45 fck = 11.25 N/mm <sup>2</sup>

#### - 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 <sub>yk</sub> > 450 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di rottura	f <sub>tk</sub> > 540 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	E <sub>s</sub> = 206000 N/mm <sup>2</sup>
Rapporto	1,15 < (f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub> < 1,35 (frattile 10%)
Rapporto	(f <sub>y</sub> /f <sub>y</sub> , nom) <sub>k</sub> < 1,25 (frattile 10%)
Allungamento	(A <sub>gt</sub> ) <sub>k</sub> > 7,5% (frattile 10%)

Coefficiente sicurezza SLU	γ <sub>S</sub> = 1,15
Resistenza di calcolo SLU	f <sub>yd</sub> = f <sub>yk</sub> / γ <sub>S</sub> = 391,30 N/mm <sup>2</sup>
Tensione di calcolo SLE	σ <sub>y,ad</sub> = 0,80 f <sub>yk</sub> = 360 N/mm <sup>2</sup>

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

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 8 di 71

## 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 omeggio ed i contrappesi per la regolazione del tiro nei fili di contatto.

### 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 Tabella Pesi e Tiri sui conduttori

Di seguito si riporta la tabella dei pesi e dei tiri agenti sui conduttori che saranno impiegati per la realizzazione della L.d.C., per le condizioni di carico considerate, in accordo con il par. 6.3 della CEI EN 50119:

CONDIZIONE A1 (-20°)											
TIPO LINEA	N CP	S CP	P. LINEA	P CP	D CP	T CP	N FC	S FC	P FC	D FC	T FC
220CPF	1	120	2,139	1,07	0,014	1530	1	100	0,869	0,0118	750
440CPR	2	120	4,078	1,07	0,014	1125	2	100	0,869	0,0118	1000
Corda di Terra	0	0	0,585	0	0	0	2	170	0,585	0,0159	800

CONDIZIONE A2 (+5°)											
TIPO LINEA	N CP	S CP	P. LINEA	P CP	D CP	T CP (+5°)	N FC	S FC	P FC	D FC	T FC
220CPF	1	120	2,139	1,07	0,014	1180	1	100	0,869	0,0118	750
440CPR	2	120	4,078	1,07	0,014	1125	2	100	0,869	0,0118	1000
Corda di Terra	0	0	0,585	0	0	0	2	170	0,585	0,0159	500

CONDIZIONE B (+5°)+VENTO											
TIPO LINEA	N CP	S CP	P. LINEA	P CP	D CP	T CP	N FC	S FC	P FC	D FC	T FC
220CPF	1	120	2,139	1,07	0,014	1031	1	100	0,869	0,0118	750
440CPR	2	120	4,078	1,07	0,014	1125	2	100	0,869	0,0118	1000
Corda di Terra	0	0	0,585	0	0	0	2	170	0,585	0,0159	700

CONDIZIONE C (-5°)+GHIACCIO											
TIPO LINEA	N CP	S CP	P. LINEA	P CP	Deq CP	T CP	N FC	S FC	P FC	Deq FC	T FC
220CPF	1	120	3,539	1,77	0,0344	1350	1	100	1,569	0,0336	750
440CPR	2	120	6,878	1,77	0,0344	1125	2	100	1,569	0,0336	1000
Corda di Terra	0	0	1,285	0	0	0	2	170	1,285	0,0357	800

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 9 di 71

**CONDIZIONE D (-5°)+GHIACCIO+50%VENTO**

TIPO LINEA	N CP	S CP	P. LINEA	P CP	D CP	T CP	N FC	S FC	P FC	D FC	T FC
<b>220CPF</b>	1	120	3,539	1,77	0,0344	1450	1	100	1,569	0,0336	750
<b>440CPR</b>	2	120	6,878	1,77	0,0344	1125	2	100	1,569	0,0336	1000
<b>Corda di Terra</b>	0	0	1,285	0	0	0	2	170	1,285	0,0357	800

Dove:

Ncp è il numero di corde portanti

Scp è la superficie delle corde portanti in mm<sup>2</sup>

P.linea è il peso della Linea di contatto (Corda Portante+Filo di contatto) in daN/m

P CP è il peso unitario della Corda Portante in daN/m

D CP è il diametro della Corda Portante in m

T CP è il tiro della Corda Portante in daN

N FC è il numero dei Fili di contatto

S FC è la superficie dei Fili di Contatto in mm<sup>2</sup>

P FC è il peso dei fili di contatto in daN/m

D FC è il diametro dei Fili di Contatto in m

T FC è il tiro dei Fili di Contatto in daN

## 2.5 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.

### 2.5.1 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.

## 2.5.2 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  $kg/m^3$  a 15 °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 temperatura 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:

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

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

- $vb,0, a0, ka$  sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame,
- $as$  è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione".

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

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$ [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,  $as = 10$  m e  $vb=27$  m/s, la pressione dinamica del vento risulterà:

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

### 2.5.3 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 tesati parallelamente, può essere operata una riduzione del carico del vento sul conduttore sottovento, ammontando tale carico all'80% del carico relativo al

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
12 di 71

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:

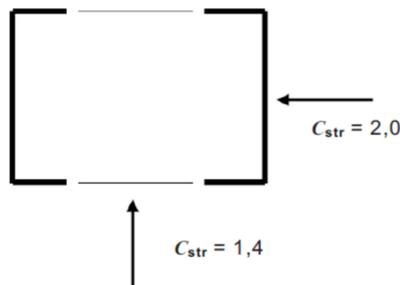
$$Q_{W\text{str}} = q_K \times G_{\text{str}} \times C_{\text{str}} \times A_{\text{str}}$$

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

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
13 di 71

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.

#### **2.5.4 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.

L'accelerazione

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 3.2.11 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.

##### **2.5.4.1 Vita nominale**

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

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

##### **2.5.4.2 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:

$$VR = VN \times CU = 100 \times 2 = 200 \text{ anni}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL</b> <b>SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>						
<b>ELABORATI GENERALI</b> <b>Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni</b> <b>fuori standard: sostegno TE in esterno curva</b> <b>R=500m con DR maggiorata</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA IA7K</td> <td>LOTTO 00 D 18</td> <td>CODIFICA CL</td> <td>DOCUMENTO LC0000 003</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 14 di 71</td> </tr> </table>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC0000 003	REV. A	FOGLIO 14 di 71
COMMESSA IA7K	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC0000 003	REV. A	FOGLIO 14 di 71		

### 2.5.4.3 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

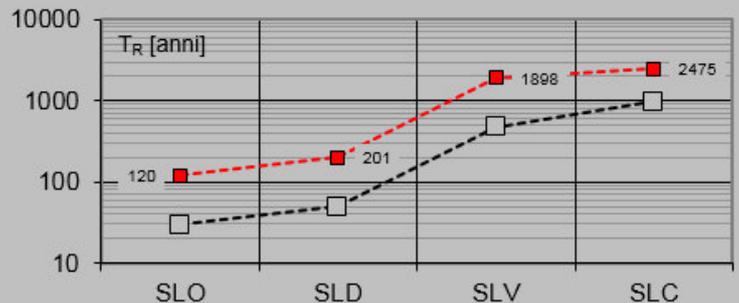
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

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  $p$  ( $ag$ ,  $F_0$  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  $ag$ ,  $F_0$  e  $TC^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno stato limite.

STATO LIMITE	T <sub>R</sub> [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub> [-]	T <sub>C</sub> <sup>*</sup> [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<sub>g</sub>, F<sub>o</sub>, T<sub>C</sub><sup>\*</sup> per i periodi di ritorno T<sub>R</sub>

#### **2.5.4.4 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)".

#### **2.5.4.5 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  $i \leq 15^\circ$ .

#### **2.5.4.6 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.

#### **2.5.4.7 Regolarità**

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

Regolare in pianta      no

Regolare in altezza    no

#### **2.5.4.8 Tipologia strutturale e fattore di struttura**

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
17 di 71

La struttura è classificabile come: **Struttura a telaio in acciaio**

Il valore del fattore di struttura  $q$ , da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, funzione della tipologia strutturale, del suo grado di iperstaticità e dei criteri di progettazione adottati e che prende in conto le non linearità del materiale, è determinabile come:

$$q = q_0 \times KR \quad \text{dove,}$$

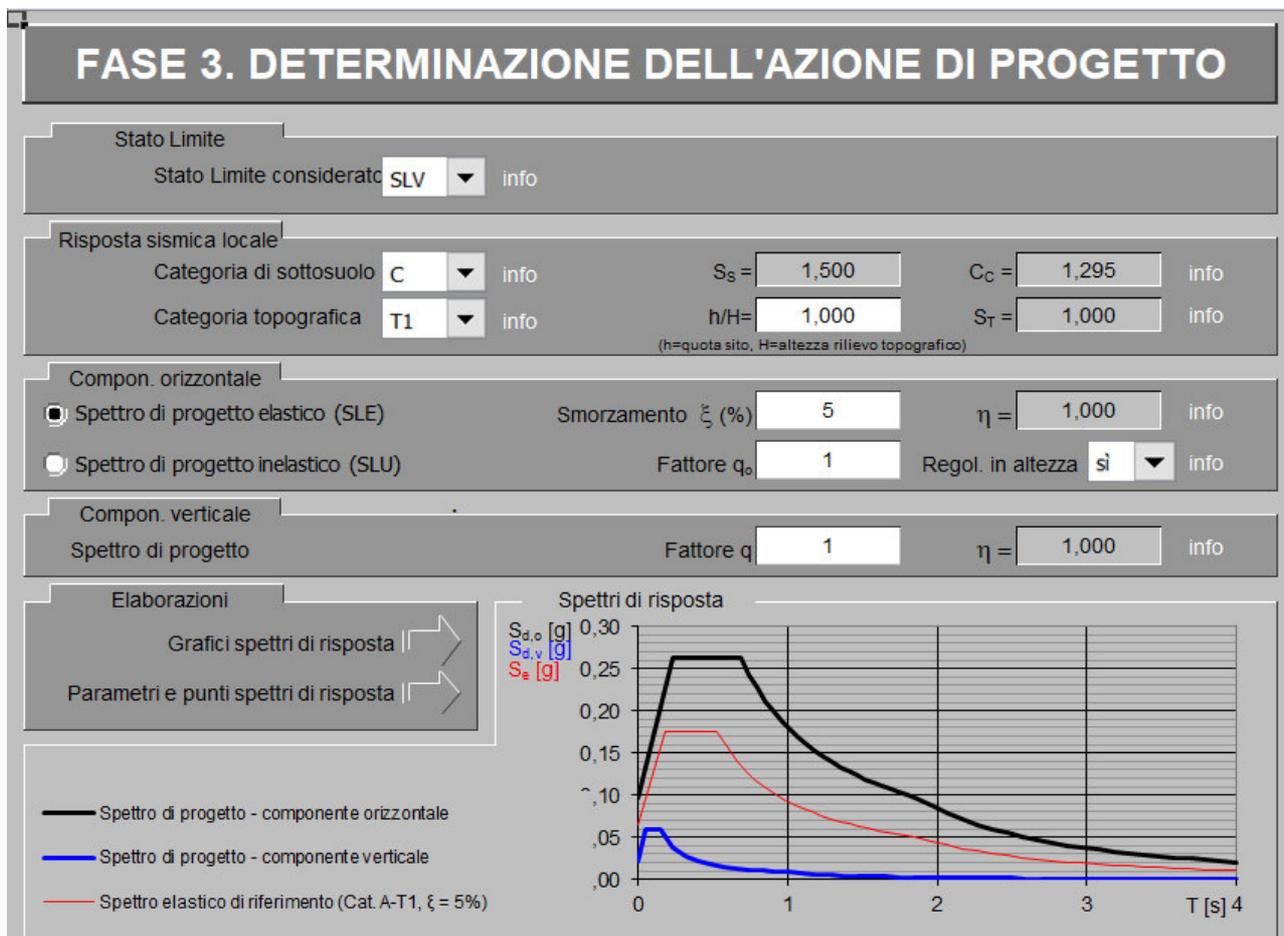
- $q_0=3,0$   $\alpha / \alpha_1$ : per strutture con classe di duttilità CD "B" e struttura a telaio in acciaio,
- $\alpha / \alpha_1= 1,1$  a telaio di un piano,;
- $kR = 0,8$  per strutture non regolari in altezza;

da cui:

$$q = q_0 \times KR = 3,0 \times 1,1 \times 0,8 = 2,64$$

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

### 2.5.4.9 Spettri di risposta



Spettro di progetto inelastico (slv)

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 18 di 71

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

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

$\alpha$ (°c)	90							
$\alpha$ (radiant)	1,5708							
$\beta^*$ (°c)	0							
$\beta$ (radiant)	0							
$\delta$ (°c)	17,33333							
$\delta$ (radiant)	0,302524							
$\varphi$ (°c)	26	30						
$\varphi$ (radiant)	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 <sub>ae</sub> andranno utilizzati per calcolare le spinte attive tramite le relazioni:								

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

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

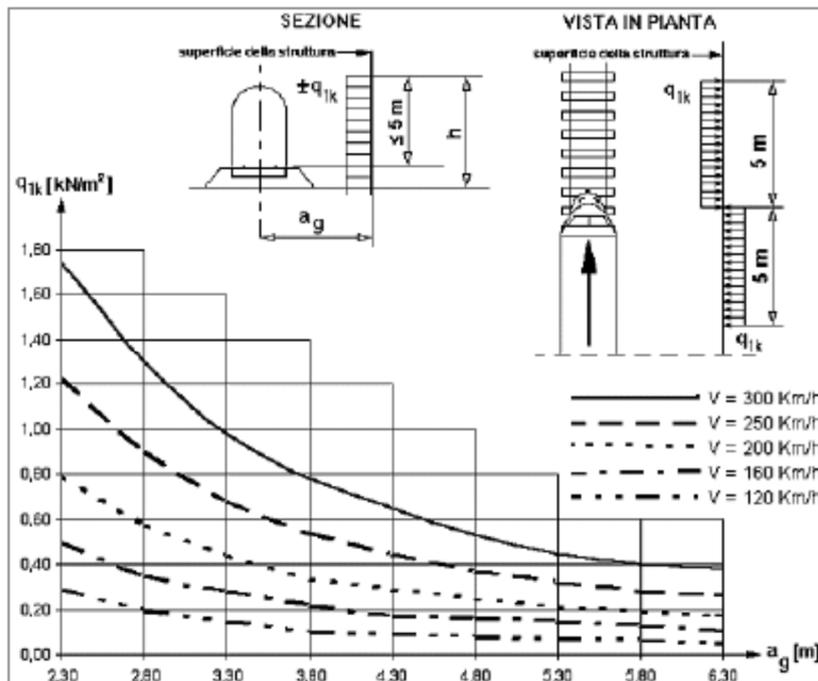
$$\theta = \arctan \frac{|k_h|}{1 \pm k_v}$$

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

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

### 2.5.5 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 q1k per superfici parallele al binario

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
20 di 71

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:

k1= 1 (per i casi di treni con forme aerodinamiche sfavorevoli;

k2= 1.3 (larghezza dei sostegni minore di 2.5 m).

$$q_{aer} = q_1 k \times k_1 \times k_2$$

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.

## 2.6 Carichi eccezionali

### 2.6.1 Rottura dei conduttori

Il carico indotto dalla rottura dei fili di contatto dei conduttori in servizio può indurre sullo strallo di punto fisso, un tiro equivalente al tiro dei fili di contatto relativi.

In particolare:

sul sostegno di asse punto fisso si genera un'azione trasversale pari a:

$F_{t,ecc} = n \cdot T_{fc} \cdot (C/2R \pm a/C)$  ; dove:

n= numero di fili di contatto;

T<sub>fc</sub>= Tiro max dei fili di contatto (daN);

C= Campata gravante (m);

R= Raggio della curva (m);

a =Disassamento dello strallo p.f. (proiettato sulla mensola)

Inoltre sul palo di ormeggio dello strallo di punto fisso si genera un 'azione trasversale e verticale (oppure longitudinale) con rispettivi momenti flettenti alla base di seguito descritti:

#### in direzione trasversale

$F_{t,ecc} = n \cdot T_{fc} \cdot (C/2R \pm a/C_1)$  ; dove:

n= numero di fili di contatto;

T<sub>fc</sub>= Tiro max dei fili di contatto (daN);

C<sub>1</sub>= Campata di riferimento (m);

R= Raggio della curva (m);

a =Disassamento dello strallo p.f. (proiettato sulla mensola)

Nel caso di presenza del tirante a terra il tiro dei conduttori in direzione longitudinale viene assorbito dallo stesso tirante a terra, pertanto, sul sostegno agisce un carico verticale di entità pari a :

$F_v, ecc = n \cdot T_{fc} \cdot \tan \alpha + p_{cat.}$  ; dove:

n= numero di fili di contatto;

T<sub>fc</sub>= Tiro max dei fili di contatto (daN);

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
21 di 71

$\alpha$ = angolo del tirante a terra ( $^{\circ}$ );  
pcat= peso della catena di ormeggio (daN);

Nel caso di assenza di tirante a terra, sul sostegno agisce un'azione longitudinale:

**in direzione longitudinale**

Fl, ecc= n.Tfc cos  $\alpha^*$  ; dove:

n= numero di fili di contatto;

Tfc= Tiro max dei fili di contatto (daN);

$\alpha^*$ = angolo che lo strallo di punto fisso forma con l'asse del binario ( $^{\circ}$ ).

**2.6.2 Sostituzione dei fili di contatto**

Il carico prodotto dalla sostituzione dei fili di contatto può indurre sulle sospensioni e sugli ormeggi di Ra, un tiro equivalente al tiro di ulteriori fili di contatto relativi (per una fase provvisoria si potrebbe avere la presenza contemporanea di piu' coppie di fili di contatto).

In particolare:

sugli assi delle condutture si genera un'azione trasversale pari a:

Ft,ecc= Ft,fc (e relativo momento flettente alla base) ;

un azione verticale pari a

Fz,fcecc= Pfc\*C (e relativo momento flettente alla base)

Inoltre sul palo di ormeggio di R.A. si genera un 'azione trasversale e verticale (oppure longitudinale) con rispettivi momenti flettenti alla base equivalenti a quelli dei fili di contatto definitivi.

Da notare che le combinazioni di calcolo STR7 , ovvero quelle in cui si considerano le azioni eccezionali vengono calcolate con i tiri max a -20 $^{\circ}$ .

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 22 di 71

### 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:

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	
	G2:C.P.N.S.	1,50		Sisma Y	0,30		G2:C.P.N.S.	1,30		G2:C.P.N.S.	1,50	
STR2-V-X	Q1: ICE	1,50	SLV2	G1:C.P.S.	1,00		Q1: ICE	1,30	Equ2-V-X	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	
	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.
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
	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.
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	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;

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
23 di 71

- 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.

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
24 di 71

## 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:

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

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

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:

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 25 di 71

1. Verifica di Resistenza			
descrizione	Simbolo	U.M.	ila/Rif. Normativo
Azione normale plastica di calcolo	$N_{pl,Rd}$	daN	$A f_{yk} / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano x-x		daN	$0,25 \times N_{pl,Rd}$
limitazione piano x-x		daN	$0,5 hwtwfy / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano y-y		daN	$hwtwfy / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
Verifica combinazione			
piano x-x		No contributo azione normale	
piano y-y		No contributo azione normale	
Rapporto	n		$N_{Ed} / N_{pl,Rd}$
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

$N_{cr} = \pi^2 EJ_{eq} / L_0^2$  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	$\chi_X$			$1 / \phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_x^2} \leq 1$

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 26 di 71

2.1.2 Direzione y-y				
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.	la/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	$\leq 1$	<b>OK</b>
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	$\leq 1$	<b>OK</b>

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
	$\lambda_{LTO}$	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	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 contrefreccia 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:

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

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

$(M_P + M_H)$  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, Meyerhof, Vesic e

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
30 di 71

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

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

dove:

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

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
31 di 71

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

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

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

$$s_q = s_\gamma$$

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:

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

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

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

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

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

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

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

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
32 di 71

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

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

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

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

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

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

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

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]

$A1$  = lato superiore fondazione direzione trasv. al binario [m]

$B1$  = lato superiore fondazione direzione long. al binario [m]

$C1$  = 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:

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
33 di 71

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

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)

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

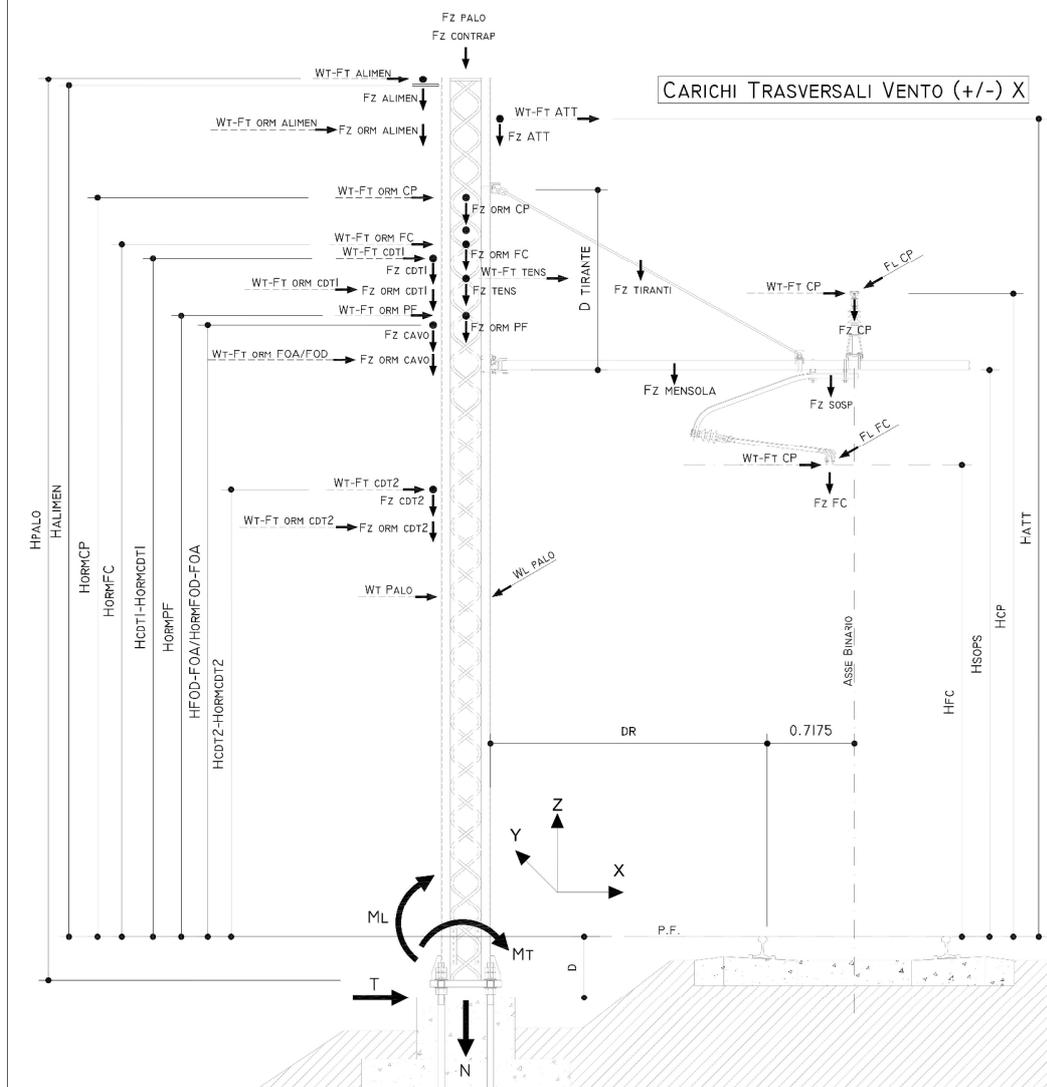
CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
34 di 71

**SCHEMA DI CARICO GENERALE**



**7.2 Sostegno tipo 1**

Il sostegno è caratterizzato dalla seguente configurazione di carico:

Tipologia: Palo Normale LSU18b in esterno curva R=500m a DR maggiorata con mensola singola.

Attrezzaggio:

Trefoli di terra n. 2 passanti;

Asse Condutture:

L.d.C. n. 1 : 440 mm<sup>2</sup> C.P.R. , D.R. = 4,00m

Ormecci: 2 trefoli di terra con tirante a terra

Di seguito viene riportata la scheda degli INPUT di calcolo:



### 7.3 Verifica Armature Blocco di fondazione tipo B3

I calcoli per la verifica delle armature del blocco di fondazione tipo B3 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.

$$M_{tr\,transv\,tot.} = M_{tr\,ed} + T_x * (C/2 + C1) = 115 + 15 * (1.1 / 2 + 0.50) = 130,75 \text{ kNm}$$

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,  $b = B = 190 \text{ cm}$ ,  $h = C = 110 \text{ cm}$ , copriferro = 5cm:

**Titolo :**

N° strati barre

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	200	110	1	18,08	105

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

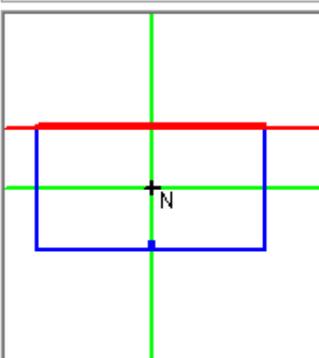
N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	0	kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="131"/>	0	kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	0	

**Tipo Sezione**

Rettan.re     Trapezi

a T     Circolare

Rettangoli     Coord.



**Materiali**

ε <sub>su</sub>	<input type="text" value="80"/>	‰	ε <sub>c2</sub>	<input type="text" value="2"/>	‰
f <sub>yd</sub>	<input type="text" value="391,3"/>	N/mm²	ε <sub>cu</sub>	<input type="text" value="3,5"/>	‰
E <sub>s</sub>	<input type="text" value="200.000"/>	N/mm²	f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="14,17"/>	
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	<input type="text" value="15"/>		f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="0,8"/>	?
ε <sub>syd</sub>	<input type="text" value="1,957"/>	‰	σ <sub>c,adm</sub>	<input type="text" value="9,75"/>	
σ <sub>s,adm</sub>	<input type="text" value="260"/>	N/mm²	τ <sub>co</sub>	<input type="text" value="0,6"/>	
			τ <sub>c1</sub>	<input type="text" value="1,829"/>	

**Tipo rottura**

Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x     x/d

δ

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+     S.L.U.-

Metodo n

**Tipo flessione**

Retta     Deviata

N° rett.

o  cm   

Precompresso

Le armature sono 16Ø12, (trasversali al binario) . La sezione risulta verificata.

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

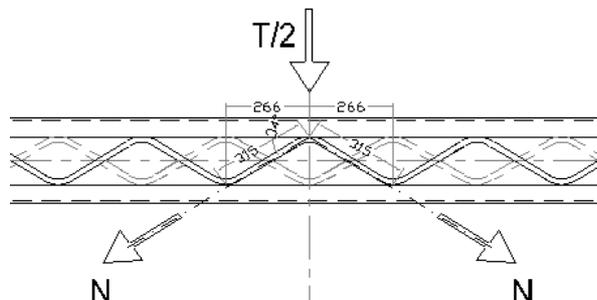
 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 37 di 71

## 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 LSU18 caso 2 condizione considerata: STR3-v+x				
descrizione	simbolo		unità di misura	formula
distanza verticale tralicciatura	a	0,27	m	
distanza obliqua	d	0,35	m	
distanza ORIZZONTALE	B	0,22		
angolo	$\alpha$	39,17	°c	
azione di taglio massima agente amplificata	Tedx	1663	daN	$T_x$
Azione normale progetto tralicciatura	Ned	1316,35		$T_x / 2 / \sin \alpha$
inerzia tondo	Jt	0,95	cm <sup>4</sup>	
carico critico euleriano	Ncr	365229,96		$\pi^2 E Jt / L^2$
Lcr		0,23	m	$\beta d$
$\beta$	$\beta$	0,67		2/3
snellezza adimensionale	$\lambda$	0,61		$\text{rad}(A f_{yk} / N_{cr})$
diametro sezione asta		2,10	cm	
area sezione FI 22	A	3,80	cm <sup>2</sup>	
fattore imperfezione	a	0,49		tab.4,2.VI Ntc
	$\Phi$	0,78		$0,5(1+a(\lambda-0,2))+\lambda^2$
coefficiente	$\chi$	0,78		$1 / (\Phi + \text{rad}(\Phi^2 - \lambda^2)) < 1$
Resistenza instabilità dell'asta (tralicciatura)	Nb,Rd	10031,21	daN	$\chi A f_{yk} / \gamma_{m1}$
Coeff sicurezza instabilità	$\gamma_{m1}$	1,05		
verifica		<b>0,13</b>	<b>OK</b>	$N_{ed} / N_{b,Rd} < 1$

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 38 di 71

## 9 Schede dei carichi alla base del sostegno

 CARICHI AGENTI SUDDIVISI PER CASI DI CARICO E ASSE : SOSTEGNO LSU18b  
 n°Esterno\_Curva

CONDIZIONE A1 : (-20°)						
CARICHI VERTICALI						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Fz,m,lunga,+x	Azione verticale mensola	43,98		daN	$P_{mens} \times L_{mens} + F_{zcarp} \text{ Mensola}$	
Fz,tirante	Azione verticale tiranti	11,52		daN	$P_{tir} \times L_{tir} + F_{zcarp} \text{ tiranti}$	
Fz,c.d.t.,1	Azione verticale corda di terra 1	25,49		daN	$P_{c.d.t.} \times C_{m,c.d.t.} + F_{zcarp} \text{ cdt}/2$	
Fz,c.d.t.,2	Azione verticale corda di terra 2	25,49		daN	$P_{c.d.t.} \times C_{m,c.d.t.} + F_{zcarp} \text{ cdt}/2$	
Fz,palo	Azione verticale sostegno	620,48		daN	$P_{palo}$	
<b>Fz,tot</b>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>726,96</b>		daN		
CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
FT,c.d.t.,1	Azione d'angolo c.d.t. 1	81,32		daN	$T_{c.d.t.} \times (C_{orm}/2R + C2/2R)$	
FT,c.d.t.,2	Azione d'angolo c.d.t. 2	81,32		daN	$T_{c.d.t.} \times (C_{orm}/2R + C2/2R)$	
<b>FT,tot</b>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>162,63</b>		daN		
CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO-X						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
<b>FT,tot</b>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>162,63</b>		daN		
CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
<b>Fl,tot</b>	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>0,00</b>		daN		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
MFz,m,1-2,+x	Momento dovuto al peso della mensola 1-2 dx	126,49		daNm	$\sum(i)F_{z,mi} \times ((L_{mi}S_{X}/2 + 1/2palo))$	
MFz,tirante,1	Momento dovuto al peso del tirante mensola n.1	15,41		daNm	$F_{z,tirante,1} \times dtirante,1/2 + 1/2palo$	
MFz,c.d.t.,1	Momento dovuto al peso della corda di terra 1	-6,37		daNm	$F_{z,c.d.t.,1} \times dc_{dt1} + 1/2 \text{ palo}$	
MFz,c.d.t.,2	Momento dovuto al peso della corda di terra 2	-6,37		daNm	$F_{z,c.d.t.,2} \times dc_{dt2} + 1/2 \text{ palo}$	
<b>MFz,tot</b>	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>129,15</b>		daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E VENTO +X						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
MFT,c.d.t.,1	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt1	406,58		daNm	$FT,c.d.t.,1 \times (H_{c_{dt1}} + d)$	
MFT,c.d.t.,2	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt2	601,74		daNm	$FT,c.d.t.,2 \times (H_{c_{dt2}} + d)$	

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 39 di 71

MT,tot	Momento trasversale azioni orizzontali totale	1008,31		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI VENTO -X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
MT,tot	Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento -X	1008,31		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>						
ML,tot	Momento longitudinale totale	0,00		daNm		
<b>ALTRI CARICHI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Fh	Azione sismica alla base del sostegno	545,22		daN	$\lambda \times Sv(T1) \times$ MassaEcc /g	
Mecc	Massa sismica partecipante eccitata	726,96		daN		
<b>carichi verticali x Z per la Ripartizione carichi sismici</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
RipFz,m,1-2,+x	Ripartizione sul peso della mensola 1-2 dx	232,09		daNm	MFz,m,1-2,+x *(hmensole+d)	
RipFz,tirante,1	Ripartizione sul peso del tirante mensola n.1	46,94		daNm	Fz,tirante,1 x (aptirante,1/2+ Hmensola+d)	
RipFz,c.d.t.,1	Ripartizione sul peso della corda di terra 1	127,45		daNm	Fz,c.d.t.,1 x (hcdd1 + d)	
RipFz,c.d.t.,2	Ripartizione sul peso della corda di terra 2	188,63		daNm	Fz,c.d.t.,2 x (hcdd2 + d)	
RipFz,palo	Ripartizione sull'Azione verticale sostegno	2980,46		daNm	Fz,palo x ((hpalo/2)+d)	
RipFz,tot	<b>SOMMATORIA RIPARTIZIONE AZIONE SISMICA</b>	<b>3575,57</b>		daNm		
<b>CARICHI ORIZZONTALI SISMA</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
SFz,m,1-2,+x	Azione sismica mensola 1-2 +dx	35,39		daN	RipFz,m,1-2,+x /RipFz,tot x Fh	
SFz,tirante,1	Azione sismica tirante mensola n.1	7,16		daN	RipFz,tirante,1 /RipFz,tot x Fh	
SFz,c.d.t.,1	Azione sismica della corda di terra 1	19,43		daN	RipFz,c.d.t.,1 /RipFz,tot x Fh	
SFz,c.d.t.,2	Azione sismica della corda di terra 2	28,76		daN	RipFz,c.d.t.,2 /RipFz,tot x Fh	
SFz,palo	Azione sismica sostegno	454,47		daN	RipFz,palo /RipFz,tot x Fh	
SFz,tot	<b>Azione sismica trasversale totale</b>	<b>545,22</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI/LONGITUDINALI DOVUTI AI CARICHI SISMICI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
MSFz,m,1-2,+x	Momento dovuto all'Azione sismica mensola 1-2 +dx	212,34		daNm	SFz,m,1-2,+x * (H mensola+d)	
MSFz,tirante,1	Momento dovuto all'Azione sismica tirante mensola n.1	51,54		daNm	SFz,tirante,1 x (aptirante,1/2+ Hmensola+d)	
MSFz,c.d.t.,1	Momento dovuto all'Azione sismica della corda di terra 1	97,17		daNm	SFz,c.d.t.,1 x (hcdd1 + d)	
MSFz,c.d.t.,2	Momento dovuto all'Azione sismica della corda di terra 2	212,84		daNm	SFz,c.d.t.,2 x (hcdd2 + d)	
MSFz,palo	Momento dovuto all'Azione sismica sostegno	2183,07		daNm	SFz,palo x (hpalo/2)	

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 40 di 71

MS,tot	Momento trasversale/longitudinale azioni orizzontali Sismiche totale	2756,96		daNm		
<b>CARICHI VERTICALI ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Fz,tot,ecc	Azione verticale eccezionale totale	0,00		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Ft,tot,ecc	Azione trasversale eccezionale totale	0,00		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Fl,tot,ECC	Azione longitudinale eccezionale totale	0,00		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
MT,tot,ECC	Momento trasversale eccezionale totale	0,00		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI ECCEZIONALI DA ROTTURA FC-ORM PF</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
<b>CONDIZIONE A2 : (+5°)</b>						
<b>CARICHI VERTICALI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Fz,m,lunga,+x	Azione verticale mensole	43,98		daN	$P_{mens} \times L_{mens} + F_{zcarp}$ Mensole	
Fz,tirante	Azione verticale tiranti mensole	11,52		daN	$P_{tir} \times L_{tir} + F_{zcarp}$ tiranti	
Fz,c.d.t.,1	Azione verticale corda di terra 1	25,49		daN	$P_{c.d.t.} \times C_{m,c.d.t.} + F_{zcarp}$ cdt/2	
Fz,c.d.t.,2	Azione verticale corda di terra 2	25,49		daN	$P_{c.d.t.} \times C_{m,c.d.t.} + F_{zcarp}$ cdt/2	
Fz,palo	Azione verticale sostegno	620,48		daN	$P_{palo}$	
Fz,tot	Azione verticale totale	726,96		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Ft,c.d.t.,1	Azione d'angolo c.d.t. 1	42,58		daN	$T_{c.d.t.} \times (C_{orm}/2R + C2/2R)$	
Ft,c.d.t.,2	Azione d'angolo c.d.t. 2	42,58		daN	$T_{c.d.t.} \times (C_{orm}/2R + C2/2R)$	
Ft,tot	Azione trasversale totale	85,16		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO-X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Ft,tot	Azione trasversale totale	85,16		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
Fl,tot	Azione longitudinale totale	0,00		daN		

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 41 di 71

<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>Fz,m,1-2,+x</sub>	Momento dovuto al peso della mensola 1-2 dx	126,49		daNm	$\sum(i)F_{z,mi} \cdot x((L_{misx}/2 + 1/2\text{palo}))$	
M <sub>Fz,tirante,1</sub>	Momento dovuto al peso del tirante mensola n.1	15,41		daNm	$F_{z,tirante,1} \cdot d_{tirante,1}/2 + 1/2\text{palo}$	
M <sub>Fz,c.d.t.,1</sub>	Momento dovuto al peso della corda di terra 1	-6,37		daNm	$F_{z,c.d.t.,1} \cdot d_{cdt1} + 1/2\text{palo}$	
M <sub>Fz,c.d.t.,2</sub>	Momento dovuto al peso della corda di terra 2	-6,37		daNm	$F_{z,c.d.t.,2} \cdot d_{cdt2} + 1/2\text{palo}$	
M <sub>Fz,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>129,15</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,c.d.t.,1</sub>	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt1	212,89		daNm	$F_{T,c.d.t.,1} \cdot (H_{cdt1} + d)$	
M <sub>FT,c.d.t.,2</sub>	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt2	315,08		daNm	$F_{T,c.d.t.,2} \cdot (H_{cdt2} + d)$	
M <sub>T,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale</b>	<b>527,98</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI VENTO -X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>T,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento -X</b>	<b>527,98</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>						
M <sub>L,tot</sub>	<b>Momento longitudinale totale</b>	<b>0,00</b>		daNm		
<b>ALTRI CARICHI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
<b>CONDIZIONE B : (+5°)+VENTO</b>						
<b>CARICHI VERTICALI</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
F <sub>z,m,lunga,+x</sub>	Azione verticale mensole	43,98		daN	$P_{mens} \cdot L_{mens} + F_{z,carp}$ Mensole	
F <sub>z,tirante</sub>	Azione verticale tiranti mensole	11,52		daN	$P_{tir} \cdot L_{tir} + F_{z,carp}$ tiranti	
F <sub>z,c.d.t.,1</sub>	Azione verticale corda di terra 1	25,49		daN	$P_{c.d.t.} \cdot C_{m,c.d.t.} + F_{z,carp}$ cdt/2	
F <sub>z,c.d.t.,2</sub>	Azione verticale corda di terra 2	25,49		daN	$P_{c.d.t.} \cdot C_{m,c.d.t.} + F_{z,carp}$ cdt/2	
F <sub>z,palo</sub>	Azione verticale sostegno	620,48		daN	P <sub>palo</sub>	
F <sub>z,tot</sub>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>726,96</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
F <sub>T,c.d.t.,1</sub>	Azione d'angolo c.d.t. 1	54,82		daN	$T_{c.d.t.} \cdot x(Corm/2R + C2/2R)$	
F <sub>T,c.d.t.,2</sub>	Azione d'angolo c.d.t. 2	54,82		daN	$T_{c.d.t.} \cdot x(Corm/2R + C2/2R)$	
W <sub>T,c.d.t.,1</sub>	Azione vento su corda di terra 1	42,90		daN	$W_{c.d.t.} \cdot diam_{c.d.t.} \cdot C_m$	
W <sub>T,c.d.t.,2</sub>	Azione vento su corda di terra 2	42,90		daN	$W_{c.d.t.} \cdot diam_{c.d.t.} \cdot C_m$	
W <sub>T,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	327,40		daN	$W_{palo} \cdot A_{palo}$	
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>522,83</b>		daN		

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 IA7K 00 D 18 CL LC0000 003 A 42 di 71

CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO-X						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$W_{T,c.d.t.,1}$	Azione vento su corda di terra 1	-42,90		daN	$W_{c.d.t.} \times \text{diam}_{c.d.t.} \times C_m$	sempre singola
$W_{T,c.d.t.,2}$	Azione vento su corda di terra 2	-42,90		daN	$W_{c.d.t.} \times \text{diam}_{c.d.t.} \times C_m$	sempre singola
$W_{T,palo}$	Azione del vento su sostegno	-327,40		daN	$W_{palo} \times A_{palo}$	Solo pali LSF
$F_{T,tot}$	Azione trasversale totale	<b>-303,57</b>		daN		
CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$W_{L,palo}$	Azione del vento su sostegno	229,18		daN	$W_{palo} \times A_{palo}$	solo pali LSF -LS - LSU
$F_{l,tot}$	Azione longitudinale totale	<b>229,18</b>		daN		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{Fz,m,1-2,+x}$	Momento dovuto al peso della mensola 1-2 dx	126,49		daNm	$\sum(i)F_{z,mi}, x((L_{mISX}/2 + 1/2palo)$	
$M_{Fz,tirante,1}$	Momento dovuto al peso del tirante mensola n.1	15,41		daNm	$F_{z,tirante,1} \times d_{tirante,1}/2 + 1/2palo$	
$M_{Fz,c.d.t.,1}$	Momento dovuto al peso della corda di terra 1	-6,37		daNm	$F_{z,c.d.t.,1} \times d_{cdt1} + 1/2palo$	
$M_{Fz,c.d.t.,2}$	Momento dovuto al peso della corda di terra 2	-6,37		daNm	$F_{z,c.d.t.,2} \times d_{cdt2} + 1/2palo$	
$M_{Fz,tot}$	Momento trasversale azioni verticali totale	<b>129,15</b>		daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E VENTO +X						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{FT,c.d.t.,1}$	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt1	274,08		daNm	$F_{T,c.d.t.,1} \times (H_{cdt1} + d)$	
$M_{FT,c.d.t.,2}$	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt2	405,64		daNm	$F_{T,c.d.t.,2} \times (H_{cdt2} + d)$	
$M_{WT,c.d.t.,1}$	Momento dovuto all'azione del vento sulla cdt1	214,49		daNm	$W_{T,c.d.t.,1} \times (H_{cdt1} + d)$	
$M_{WT,c.d.t.,2}$	Momento dovuto all'azione del vento sulla cdt2	317,45		daNm	$W_{T,c.d.t.,2} \times (H_{cdt2} + d)$	
$M_{WT,palo}$	Momento dovuto all'azione del vento su sostegno	1572,67		daNm	$W_{T,palo} \times H_{palo} / 2$	valida per pali LSF
$M_{T,tot}$	Momento trasversale azioni orizzontali totale	<b>2784,32</b>		daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI VENTO -X						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{WT,c.d.t.,1}$	Momento dovuto all'azione del vento sulla cdt1	-214,49		daNm	$W_{T,c.d.t.,1} \times (H_{cdt1} + d)$	
$M_{WT,c.d.t.,2}$	Momento dovuto all'azione del vento sulla cdt2	-317,45		daNm	$W_{T,c.d.t.,2} \times (H_{cdt2} + d)$	
$M_{WT,palo}$	Momento dovuto all'azione del vento su sostegno	-1572,67		daNm	$W_{T,palo} \times H_{palo} / 2$	valida per pali LSF
$M_{T,tot}$	Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento -X	<b>-1424,89</b>		daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI						
$M_{WL,palo}$	Azione del vento su sostegno	1100,86			$W_{L,palo} \times H_{palo} / 2$	solo pali LSF -LS - LSU
$M_{L,tot}$	Momento longitudinale totale	<b>1100,86</b>		daNm		
ALTRI CARICHI						
Simbolo	Descrizione	Valore	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI AERODINAMICI						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 43 di 71

W <sub>AER,c.d.t.,1</sub>	Azione AERODINAMICA su corda di terra 1	33,84		daN	Paer x diam <sub>c.d.t.</sub> x C <sub>m</sub>	
W <sub>AER,palo</sub>	Azione AERODINAMICA su sostegno	50,40		daN	Paer x A <sub>palo</sub> X5/Hpal	
W <sub>AER,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>84,24</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>
M <sub>W<sub>AER,c.d.t.,1</sub></sub>	Momento dovuto all'Azione AERODINAMICA su corda di terra 1	169,18		daNm	W <sub>AER,c.d.t.,1</sub> X (H <sub>cdt1</sub> + d)	
M <sub>W<sub>AER,palo</sub></sub>	Azione AERODINAMICA su sostegno	126,00		daNm	W <sub>AER,palo</sub> X (5/2-d)	
M <sub>AER,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni aerodinamiche totale</b>	<b>295,18</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,m,lunga,+x</sub>	Azione verticale mensole	43,98		daN	P <sub>mens</sub> X L <sub>mens</sub> + F <sub>zcarp</sub> Mensole	
F <sub>z,tirante</sub>	Azione verticale tiranti mensole	11,52		daN	P <sub>tir</sub> X L <sub>tir</sub> + F <sub>zcarp</sub> tiranti	
F <sub>z,c.d.t.,1</sub>	Azione verticale corda di terra 1	52,09		daN	P <sub>c.d.t.</sub> X C <sub>m,c.d.t.</sub> + F <sub>z</sub> carp cdt/2	
F <sub>z,c.d.t.,2</sub>	Azione verticale corda di terra 2	52,09		daN	P <sub>c.d.t.</sub> X C <sub>m,c.d.t.</sub> + F <sub>z</sub> carp cdt/2	
F <sub>z,palo</sub>	Azione verticale sostegno	620,48		daN	P <sub>palo</sub>	
F <sub>z,tot</sub>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>780,16</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,c.d.t.,1</sub>	Azione d'angolo c.d.t. 1	66,44		daN	T <sub>c.d.t.</sub> x (Corm/2R + C2/2R)	
F <sub>T,c.d.t.,2</sub>	Azione d'angolo c.d.t. 2	66,44		daN	T <sub>c.d.t.</sub> x (Corm/2R + C2/2R)	
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>132,88</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,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>132,88</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
F <sub>l,tot</sub>	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>0,00</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
M <sub>F<sub>z,m,1-2,+x</sub></sub>	Momento dovuto al peso della mensola 1-2 dx	126,49		daNm	Σ(i)F <sub>z,mi</sub> x ((L <sub>misx</sub> /2 + 1/2palo)	
M <sub>F<sub>z,tirante,1</sub></sub>	Momento dovuto al peso del tirante mensola n.1	15,41		daNm	F <sub>z,tirante,1</sub> X d <sub>tirante,1</sub> /2 + 1/2palo	
M <sub>F<sub>z,c.d.t.,1</sub></sub>	Momento dovuto al peso della corda di terra 1	-13,02		daNm	F <sub>z,c.d.t.,1</sub> X d <sub>cdt1</sub> + 1/2 palo	
M <sub>F<sub>z,c.d.t.,2</sub></sub>	Momento dovuto al peso della corda di terra 2	-13,02		daNm	F <sub>z,c.d.t.,2</sub> X d <sub>cdt2</sub> + 1/2 palo	
M <sub>F<sub>z,tot</sub></sub>	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>115,85</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E VENTO +X</b>						

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 44 di 71

Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>FT,c.d.t.,1</sub>	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt1	332,19		daNm	$F_{T,c.d.t.,1} \times (H_{cdt1} + d)$	
M <sub>FT,c.d.t.,2</sub>	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt2	491,64		daNm	$F_{T,c.d.t.,2} \times (H_{cdt2} + d)$	
M <sub>T,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale</b>	<b>823,83</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI VENTO -X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>T,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento -X</b>	<b>823,83</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>						
M <sub>L,tot</sub>	Momento longitudinale totale	0,00		daNm		
<b>ALTRI CARICHI</b>						
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,m,lunga,+x</sub>	Azione verticale mensole	43,98		daN	$P_{mens} \times L_{mens} + F_{z,carp}$ Mensole	
F <sub>z,tirante</sub>	Azione verticale tiranti mensole	11,52		daN	$P_{tir} \times L_{tir} + F_{z,carp}$ tiranti	
F <sub>z,c.d.t.,1</sub>	Azione verticale corda di terra 1	52,09		daN	$P_{c.d.t.} \times C_{m,c.d.t.} + F_{z,carp}$ cdt/2	
F <sub>z,c.d.t.,2</sub>	Azione verticale corda di terra 2	52,09		daN	$P_{c.d.t.} \times C_{m,c.d.t.} + F_{z,carp}$ cdt/2	
F <sub>z,palo</sub>	Azione verticale sostegno	620,48		daN	P <sub>palo</sub>	
F <sub>z,tot</sub>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>780,16</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
F <sub>T,c.d.t.,1</sub>	Azione d'angolo c.d.t. 1	73,95		daN	$T_{c.d.t.} \times (Corm/2R + C2/2R)$	
F <sub>T,c.d.t.,2</sub>	Azione d'angolo c.d.t. 2	73,95		daN	$T_{c.d.t.} \times (Corm/2R + C2/2R)$	
W <sub>T,c.d.t.,1</sub>	Azione vento su corda di terra 1	49,33		daN	$W_{c.d.t.} \times diam_{c.d.t.} \times C_m$	
W <sub>T,c.d.t.,2</sub>	Azione vento su corda di terra 2	49,33		daN	$W_{c.d.t.} \times diam_{c.d.t.} \times C_m$	
W <sub>T,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	169,80		daN	W <sub>palo</sub> x A <sub>palo</sub>	
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>416,37</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO-X</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
W <sub>T,c.d.t.,1</sub>	Azione vento su corda di terra 1	-49,33		daN	$W_{c.d.t.} \times diam_{c.d.t.} \times C_m$	sempre singola
W <sub>T,c.d.t.,2</sub>	Azione vento su corda di terra 2	-49,33		daN	$W_{c.d.t.} \times diam_{c.d.t.} \times C_m$	sempre singola
W <sub>T,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	-169,80		daN	W <sub>palo</sub> x A <sub>palo</sub>	Solo pali LSF
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>-120,57</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI +Y</b>						
Simbolo	Descrizione	Valore		U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
W <sub>L,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	118,86		daN	W <sub>palo</sub> x A <sub>palo</sub>	solo pali LSF -LS -LSU

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 45 di 71

<b>F<sub>i,tot</sub></b>	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>118,86</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
M <sub>Fz,m,1-2,+x</sub>	Momento dovuto al peso della mensola 1-2 dx	126,49		daNm	$\Sigma(i)F_{z,mi} \cdot x((L_{misx}/2 + 1/2\text{palo}))$	
M <sub>Fz,tirante,1</sub>	Momento dovuto al peso del tirante mensola n.1	15,41		daNm	$F_{z,tirante,1} \cdot d_{tirante,1}/2 + 1/2\text{palo}$	
M <sub>Fz,c.d.t.,1</sub>	Momento dovuto al peso della corda di terra 1	-13,02		daNm	$F_{z,c.d.t.,1} \cdot d_{cdt1} + 1/2\text{palo}$	
M <sub>Fz,c.d.t.,2</sub>	Momento dovuto al peso della corda di terra 2	-13,02		daNm	$F_{z,c.d.t.,2} \cdot d_{cdt2} + 1/2\text{palo}$	
<b>M<sub>Fz,tot</sub></b>	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>115,85</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E 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>FT,c.d.t.,1</sub>	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt1	369,75		daNm	$F_{T,c.d.t.,1} \cdot (H_{cdt1} + d)$	
M <sub>FT,c.d.t.,2</sub>	Momento dovuto all'azione d'angolo della cdt2	547,24		daNm	$F_{T,c.d.t.,2} \cdot (H_{cdt2} + d)$	
M <sub>WT,c.d.t.,1</sub>	Momento dovuto all'azione del vento sulla cdt1	246,66		daNm	$W_{T,c.d.t.,1} \cdot (H_{cdt1} + d)$	
M <sub>WT,c.d.t.,2</sub>	Momento dovuto all'azione del vento sulla cdt2	365,05		daNm	$W_{T,c.d.t.,2} \cdot (H_{cdt2} + d)$	
M <sub>WT,palo</sub>	Momento dovuto all'azione del vento su sostegno	815,66		daNm	$W_{T,palo} \cdot H_{palo} / 2$	valida per pali LSF
<b>M<sub>T,tot</sub></b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale</b>	<b>2344,35</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,c.d.t.,1</sub>	Momento dovuto all'azione del vento sulla cdt1	-246,66		daNm	$W_{T,c.d.t.,1} \cdot (H_{cdt1} + d)$	
M <sub>WT,c.d.t.,2</sub>	Momento dovuto all'azione del vento sulla cdt2	-365,05		daNm	$W_{T,c.d.t.,2} \cdot (H_{cdt2} + d)$	
M <sub>WT,palo</sub>	Momento dovuto all'azione del vento su sostegno	-815,66		daNm	$W_{T,palo} \cdot H_{palo} / 2$	valida per pali LSF
<b>M<sub>T,tot</sub></b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale per vento -X</b>	<b>-510,37</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>						
M <sub>WL,palo</sub>	Azione del vento su sostegno	570,95			$W_{L,palo} \cdot H_{palo} / 2$	solo pali LSF -LS - LSU
<b>M<sub>L,tot</sub></b>	<b>Momento longitudinale totale</b>	<b>570,95</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>
<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>
W <sub>AER,c.d.t.,1</sub>	Azione AERODINAMICA su corda di terra 1	37,51		daN	$Pa_{er} \cdot \text{diam}_{c.d.t.} \cdot C_m$	
W <sub>AER,palo</sub>	Azione AERODINAMICA su sostegno	50,40		daN	$Pa_{er} \cdot A_{palo} \cdot X5/H_{pal}$	
<b>W<sub>AER,tot</sub></b>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>87,91</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>
M <sub>WAER,c.d.t.,1</sub>	Momento dovuto all'Azione AERODINAMICA su corda di terra 1	187,57		daNm	$W_{AER,c.d.t.,1} \cdot (H_{cdt1} + d)$	
M <sub>WAER,palo</sub>	Azione AERODINAMICA su sostegno	126,00		daNm	$W_{AER,palo} \cdot X(5/2-d)$	
<b>M<sub>AER,tot</sub></b>	<b>Momento trasversale azioni aerodinamiche totale</b>	<b>313,57</b>		daNm		

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 46 di 71

CONDIZIONE A1 - ASSE A						
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo	
<b>CARICHI VERTICALI</b>						
Fz,CP	Azione verticale corda portante+eventuale asse punto fisso	81,32	daN	PC.P. x Cm+ Fzcarp PF		
Fz,FC	Azione verticale filo di contatto+pendini	81,24	daN	PF.C. x Cm		
Fz,sosp	Azione verticale sospensione	17,00	daN	Psosp		
<b>Fz,tot</b>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>179,56</b>	daN			
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI - VENTO +X</b>						
FT,CP	Azione d'angolo C.P.	199,30	daN	$nc \times TC.P. \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times TC.P. \times [(Dp-Dp1)/C1+(Dp-Dp2)/C2]$		
FT,FC	Azione d'angolo F.C.	177,16	daN	$nc \times TF.C. \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times TF.C. \times [(Dp-Dp1)/C1+(Dp-Dp2)/C2]$		
<b>FT,tot</b>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>376,457</b>	daN			
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI - VENTO -X</b>						
<b>FT,tot</b>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>376,46</b>	daN			
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI</b>						
FL,mens,CP	Azione dovuta alla rotazione della mensola C.P.	14,28	daN	$(FT,CP+WT,CP) \times z / (a-x)$	z = 0,4m	
FL,mens,FC	Azione dovuta alla rotazione della mensola F.C.	12,70	daN	$(FT,FC+WT,FC) \times z / (a-x)$	z = 0,4m	
<b>Fl,tot</b>	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>26,98</b>	daN			
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI VERTICALI</b>						
MFz,CP	Momento dovuto al peso della C.P.	470,12	daNm	Fz,CP x dC.P.		
MFz,FC	Momento dovuto al peso del F.C. + pendini	469,68	daNm	Fz,FC x dF.C.		
MFz,sosp	Momento dovuto al peso della sospensione	98,28	daNm	Fz,sosp x dsosp		
<b>MFz,tot</b>	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>1038,08</b>	daNm			
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI TRASVERSALI - VENTO +X</b>						
MFT,CP	Momento dovuto all'azione d'angolo C.P.	1285,49	daNm	FT,CP x HCP		
MFT,FC	Momento dovuto all'azione d'angolo F.C.	921,21	daNm	FT,FC x HFC		
<b>MT,tot</b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale vento +X</b>	<b>2206,70</b>	daNm			
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI TRASVERSALI - VENTO -X</b>						
<b>MT,tot</b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale vento -X</b>	<b>2206,70</b>	daNm			
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>						
<b>MT,tot</b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale</b>	<b>2206,70</b>	daNm			

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K LOTTO 00 D 18 CODIFICA CL DOCUMENTO LC0000 003 REV. A FOGLIO 47 di 71

ML,mens,CP	Momento dovuto alla rotazione della mensola	92,13		daNm	FL,mens,CP x HCP	
ML,mens,FC	Momento dovuto alla rotazione della mensola	66,02		daNm	FL,mens,CP x HFC	
<b>ML,tot</b>	<b>Momento longitudinale totale</b>	<b>158,16</b>		daNm		
<b>ALTRI CARICHI</b>						
Fh	Azione sismica alla base del sostegno	<b>134,67</b>		daN	$\lambda \times Sv(T1) \times Fz_{tot} / g$	
<b>carichi verticali x Z per la Ripartizione carichi sismici</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
RipFz,CP	Ripartizione sull'Azione verticale corda portante	524,51		daNm	$Fz,CPx(Hcp+d)$	
RipFz,FC	Ripartizione sull'Azione verticale filo di contatto+pendini	422,47		daNm	$Fz,FC x(Hfc+d)$	
<b>RipFz,tot</b>	<b>SOMMATORIA RIPARTIZIONE AZIONE SISMICA</b>	<b>946,98</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,CP	Azione sismica corda portante	74,59		daN	$RipFz,CP/ RipFz,tot \times Fh$	
SFz,FC	Azione sismica filo di contatto+pendini	60,08		daN	$RipFz,FC/RipFz,tot \times Fh$	
<b>SFz,tot</b>	<b>Azione sismica trasversale totale</b>	<b>134,67</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI 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>
M,SFz,CP	Momento dovuto all'Azione sismica corda portante	481,12		daNm	$SFz,CPx(Hcp+d)$	
M,SFz,FC	Momento dovuto all'Azione sismica filo di contatto+pendini	312,42		daNm	$SFz,FC x(Hfc+d)$	
<b>MS,tot</b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali Sismiche totale</b>	<b>793,54</b>		daNm		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI ECCEZIONALI DA ROTTURA F.C.</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
FT,ecc	Azione dovuta allo strallo di punto fisso indotta dalla rottura dei fili di contatto			daN	$n.xTFC x (C/2R) \pm n.xTFC x a (1/C)$	-(e.c.) + (i.c.)
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI TRASVERSALI ECCEZIONALI DA ROTTURA F.C.</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
<b>MT,tot,ecc</b>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali eccezionali totale</b>	<b>0,00</b>		daNm		
<b>CONDIZIONE A2 - ASSE A</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,CP	Azione verticale corda portante+eventuale asse punto fisso	81,32		daN	$P_{c.p.} \times Cm + Fz_{carp} PF$	
Fz,FC	Azione verticale filo di contatto+pendini	81,24		daN	$P_{f.c.} \times Cm$	
Fz,sosp	Azione verticale sospensione	17,00		daN	$P_{sosp}$	
<b>Fz,tot</b>	<b>Azione verticale totale</b>	<b>179,56</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>
Ft,CP	Azione d'angolo C.P.	199,30		daN	$nc \times T_{c.p.} \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times T_{c.p.} \times [(Dp-$	

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 48 di 71

					$Dp1)/C1+(Dp-Dp2)/C2]$
$F_{T,FC}$	Azione d'angolo F.C.	177,16		daN	$nc \times T_{F.C.} \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times T_{F.C.} \times [(Dp-Dp1)/C1+(Dp-Dp2)/C2]$
$F_{T,tot}$	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>376,46</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>					
$F_{T,tot}$	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>376,46</b>		daN	
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI</b>					
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>
<b>Note/Riferimento normativo</b>					
$F_{L,mens,CP}$	Azione dovuta alla rotazione della mensola C.P.	14,28		daN	$(F_{T,CP} + W_{T,CP}) \times z / (a-x)$
$F_{L,mens,FC}$	Azione dovuta alla rotazione della mensola F.C.	12,70		daN	$(F_{T,FC} + W_{T,FC}) \times z / (a-x)$
$F_{L,tot}$	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>26,98</b>		daN	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI VERTICALI</b>					
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>
<b>Note/Riferimento normativo</b>					
$M_{Fz,CP}$	Momento dovuto al peso della C.P.	470,12		daNm	$F_{z,CP} \times d_{C.P.}$
$M_{Fz,FC}$	Momento dovuto al peso del F.C. + pendini	469,68		daNm	$F_{z,FC} \times d_{F.C.}$
$M_{Fz,sosp}$	Momento dovuto al peso della sospensione	98,28		daNm	$F_{z,sosp} \times d_{sosp}$
$M_{Fz,tot}$	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>1038,08</b>		daNm	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI 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>					
$M_{FT,CP}$	Momento dovuto all'azione d'angolo C.P.	1285,49		daNm	$F_{T,CP} \times H_{CP}$
$M_{FT,FC}$	Momento dovuto all'azione d'angolo F.C.	921,21		daNm	$F_{T,FC} \times H_{FC}$
$M_{T,tot}$	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale vento +X</b>	<b>2206,70</b>		daNm	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI 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>					
$M_{T,tot}$	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale vento -X</b>	<b>2206,70</b>		daNm	
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI</b>					
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>
<b>Note/Riferimento normativo</b>					
$M_{L,mens,CP}$	Momento dovuto alla rotazione della mensola	92,13		daNm	$F_{L,mens,CP} \times H_{CP}$
$M_{L,mens,FC}$	Momento dovuto alla rotazione della mensola	66,02		daNm	$F_{L,mens,CP} \times H_{FC}$
$M_{L,tot}$	<b>Momento longitudinale totale</b>	<b>158,16</b>		daNm	
<b>CONDIZIONE B - ASSE A</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>					
$F_{z,CP}$	Azione verticale corda portante+eventuale asse punto fisso	81,32		daN	$P_{C.P.} \times Cm + F_{z,carp} PF$
$F_{z,FC}$	Azione verticale filo di contatto+pendini	81,24		daN	$P_{F.C.} \times Cm$
$F_{z,sosp}$	Azione verticale sospensione	17,00		daN	$P_{sosp}$
$F_{z,tot}$	<b>Azione verticale totale</b>	<b>179,56</b>		daN	

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K LOTTO 00 D 18 CODIFICA CL DOCUMENTO LC0000 003 REV. A FOGLIO 49 di 71

CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI - VENTO +X					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
F <sub>T,CP</sub>	Azione d'angolo C.P.	199,30	daN	$nc \times T_{C.P.} \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times T_{C.P.} \times [(Dp-Dp1)/C1+(Dp-Dp2)/C2]$	
F <sub>T,FC</sub>	Azione d'angolo F.C.	177,16	daN	$nc \times T_{F.C.} \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times T_{F.C.} \times [(Dp-Dp1)/C1+(Dp-Dp2)/C2]$	
W <sub>T,CP</sub>	Azione del vento su C.P.	67,99	daN	$W_{C.P.} \times diam_{C.P.} \times Cm$	
W <sub>T,FC</sub>	Azione del vento su F.C.	57,31	daN	$W_{F.C.} \times diam_{F.C.} \times Cm$	
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>501,75</b>	daN		
CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI - VENTO -X					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
W <sub>T,CP</sub>	Azione del vento su C.P.	-67,99	daN	$W_{C.P.} \times diam_{C.P.} \times Cm$	
W <sub>T,FC</sub>	Azione del vento su F.C.	-57,31	daN	$W_{F.C.} \times diam_{F.C.} \times Cm$	
F <sub>T,tot</sub>	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>251,16</b>	daN		
CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
F <sub>L,mens,CP</sub>	Azione dovuta alla rotazione della mensola C.P.	9,41	daN	$(F_{T,CP} + W_{T,CP}) \times z / (a-x)$	z = 0,4m
F <sub>L,mens,FC</sub>	Azione dovuta alla rotazione della mensola F.C.	8,59	daN	$(F_{T,FC} + W_{T,FC}) \times z / (a-x)$	z = 0,4m
F <sub>l,tot</sub>	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>18,00</b>	daN		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI VERTICALI					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>Fz,CP</sub>	Momento dovuto al peso della C.P.	470,12	daNm	$F_{z,CP} \times d_{C.P.}$	
M <sub>Fz,FC</sub>	Momento dovuto al peso del F.C. + pendini	469,68	daNm	$F_{z,FC} \times d_{F.C.}$	
M <sub>Fz,sosp</sub>	Momento dovuto al peso della sospensione	98,28	daNm	$F_{z,sosp} \times d_{sosp}$	
M <sub>Fz,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>1038,08</b>	daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI TRASVERSALI - VENTO +X					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>FT,CP</sub>	Momento dovuto all'azione d'angolo C.P.	1285,49	daNm	$F_{T,CP} \times H_{CP}$	
M <sub>FT,FC</sub>	Momento dovuto all'azione d'angolo F.C.	921,21	daNm	$F_{T,FC} \times H_{FC}$	
M <sub>WT,CP</sub>	Momento dovuto all'azione del vento su C.P.	438,53	daNm		
M <sub>WT,FC</sub>	Momento dovuto all'azione del vento su F.C.	297,99	daNm		
M <sub>T,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale vento +X</b>	<b>2943,22</b>	daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI TRASVERSALI - VENTO -X					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>WT,CP</sub>	Momento dovuto all'azione del vento su C.P.	-438,53	daNm		
M <sub>WT,FC</sub>	Momento dovuto all'azione del vento su F.C.	-297,99	daNm		
M <sub>T,tot</sub>	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale vento -X</b>	<b>1470,18</b>	daNm		
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
M <sub>L,mens,CP</sub>	Momento dovuto alla rotazione della mensola	60,70	daNm	$F_{L,mens,CP} \times H_{CP}$	

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 50 di 71

$M_{L,mens,FC}$	Momento dovuto alla rotazione della mensola	44,67		daNm	$F_{L,mens,CP} \times H_{FC}$	
$M_{L,tot}$	Momento longitudinale totale	<b>105,37</b>		daNm		
<b>CONDIZIONE C - ASSE A</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>
$F_{z,CP}$	Azione verticale corda portante+eventuale asse punto fisso	134,52		daN	$P_{C.P.} \times Cm + F_{z,carp} PF$	
$F_{z,FC}$	Azione verticale filo di contatto+pendini	134,44		daN	$P_{F.C.} \times Cm$	
$F_{z,sosp}$	Azione verticale sospensione	17,00		daN	$P_{sosp}$	
$F_{z,tot}$	<b>Azione verticale totale</b>	<b>285,96</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>
$F_{T,CP}$	Azione d'angolo C.P.	199,30		daN	$nc \times T_{C.P.} \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times T_{C.P.} \times [(Dp-Dp1)/C1+(Dp-Dp2)/C2]$	
$F_{T,FC}$	Azione d'angolo F.C.	177,16		daN	$nc \times T_{F.C.} \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times T_{F.C.} \times [(Dp-Dp1)/C1+(Dp-Dp2)/C2]$	
$F_{T,tot}$	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>376,46</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>
$F_{T,tot}$	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>376,46</b>		daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
$F_{L,mens,CP}$	Azione dovuta alla rotazione della mensola C.P.	14,28		daN	$(F_{T,CP} + W_{T,CP}) \times z / (a-x)$	$z = 0,4m$
$F_{L,mens,FC}$	Azione dovuta alla rotazione della mensola F.C.	12,70		daN	$(F_{T,FC} + W_{T,FC}) \times z / (a-x)$	$z = 0,4m$
$F_{l,tot}$	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>26,98</b>		daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI VERTICALI</b>						
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>		<b>U.M.</b>	<b>Formula</b>	<b>Note/Riferimento normativo</b>
$M_{Fz,CP}$	Momento dovuto al peso della C.P.	777,68		daNm	$F_{z,CP} \times d_{C.P.}$	
$M_{Fz,FC}$	Momento dovuto al peso del F.C. + pendini	777,24		daNm	$F_{z,FC} \times d_{F.C.}$	
$M_{Fz,sosp}$	Momento dovuto al peso della sospensione	98,28		daNm	$F_{z,sosp} \times d_{sosp}$	
$M_{Fz,tot}$	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>1653,19</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI 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>
$M_{FT,CP}$	Momento dovuto all'azione d'angolo C.P.	1285,49		daNm	$F_{T,CP} \times H_{CP}$	
$M_{FT,FC}$	Momento dovuto all'azione d'angolo F.C.	921,21		daNm	$F_{T,FC} \times H_{FC}$	
$M_{T,tot}$	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale vento +X</b>	<b>2206,70</b>		daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI 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>
$M_{T,tot}$	<b>Momento trasversale azioni orizzontali totale vento -X</b>	<b>2206,70</b>		daNm		

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IA7K 00 D 18 CL LC0000 003 A 51 di 71

MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI LONGITUDINALI					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{L,mens,CP}$	Momento dovuto alla rotazione della mensola	92,13	daNm	$F_{L,mens,CP} \times H_{CP}$	
$M_{L,mens,FC}$	Momento dovuto alla rotazione della mensola	66,02	daNm	$F_{L,mens,FC} \times H_{FC}$	
$M_{L,tot}$	<b>Momento longitudinale totale</b>	<b>158,16</b>	daNm		
<b>CONDIZIONE D - ASSE A</b>					
<b>CARICHI VERTICALI</b>					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$F_{z,CP}$	Azione verticale corda portante+eventuale asse punto fisso	134,52	daN	$P_{C.P.} \times Cm + F_{z,carp} PF$	
$F_{z,FC}$	Azione verticale filo di contatto+pendini	134,44	daN	$P_{F.C.} \times Cm$	
$F_{z,sosp}$	Azione verticale sospensione	17,00	daN	$P_{sosp}$	
$F_{z,tot}$	<b>Azione verticale totale</b>	<b>285,96</b>	daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI - VENTO +X</b>					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$F_{T,CP}$	Azione d'angolo C.P.	199,30	daN	$nc \times T_{C.P.} \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times T_{C.P.} \times [(Dp - Dp1)/C1 + (Dp - Dp2)/C2]$	
$F_{T,FC}$	Azione d'angolo F.C.	177,16	daN	$nc \times T_{F.C.} \times (C1/2R + C2/2R) + nc \times T_{F.C.} \times [(Dp - Dp1)/C1 + (Dp - Dp2)/C2]$	
$W_{T,CP}$	Azione del vento su C.P.	86,74	daN	$W_{C.P.} \times diam_{C.P.} \times Cm$	
$W_{T,FC}$	Azione del vento su F.C.	84,64	daN	$W_{F.C.} \times diam_{F.C.} \times Cm$	
$F_{T,tot}$	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>547,84</b>	daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI - VENTO -X</b>					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$W_{T,CP}$	Azione del vento su C.P.	-86,74	daN	$W_{C.P.} \times diam_{C.P.} \times Cm$	
$W_{T,FC}$	Azione del vento su F.C.	-84,64	daN	$W_{F.C.} \times diam_{F.C.} \times Cm$	
$F_{T,tot}$	<b>Azione trasversale totale</b>	<b>205,07</b>	daN		
<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI</b>					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$F_{L,mens,CP}$	Azione dovuta alla rotazione della mensola C.P.	8,07	daN	$(F_{T,CP} + W_{T,CP}) \times z / (a - x)$	$z = 0,4m$
$F_{L,mens,FC}$	Azione dovuta alla rotazione della mensola F.C.	6,63	daN	$(F_{T,FC} + W_{T,FC}) \times z / (a - x)$	$z = 0,4m$
$F_{L,tot}$	<b>Azione longitudinale totale</b>	<b>14,70</b>	daN		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI VERTICALI</b>					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{Fz,CP}$	Momento dovuto al peso della C.P.	777,68	daNm	$F_{z,CP} \times d_{C.P.}$	
$M_{Fz,FC}$	Momento dovuto al peso del F.C. + pendini	777,24	daNm	$F_{z,FC} \times d_{F.C.}$	
$M_{Fz,sosp}$	Momento dovuto al peso della sospensione	98,28	daNm	$F_{z,sosp} \times d_{sosp}$	
$M_{Fz,tot}$	<b>Momento trasversale azioni verticali totale</b>	<b>1653,19</b>	daNm		
<b>MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI ALLE AZIONI TRASVERSALI - VENTO +X</b>					
Simbolo	Descrizione	Valore	U.M.	Formula	Note/Riferimento normativo
$M_{FT,CP}$	Momento dovuto all'azione d'angolo C.P.	1285,49	daNm	$F_{T,CP} \times H_{CP}$	



**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 53 di 71

	Q1: ICE	0,75							
	Q3: WIND X (ICE)	1,50							
<b>STR4-V+X</b>	G1:C.P.S.	1,30	CMB B EN50119	1235,69	1663,22	27,00	10784,93	158,05	<b>STR4-V+X</b>
<b>STR4-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		1235,69	-204,96	27,00	1376,02	158,05	<b>STR4-V-X</b>
	Q2: WIND X (NO ICE)	1,50							
<b>STR5-V+Y</b>	G1:C.P.S.	1,30	CMB B EN50119	1235,69	729,13	370,77	6080,48	1809,34	<b>STR5-V+Y</b>
<b>STR5-V-Y</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		1235,69	729,13	-316,77	6080,48	-1493,24	<b>STR5-V-Y</b>
	Q2: WIND Y(NO ICE)	1,50							
<b>STR6-V+X</b>	G1:C.P.S.	1,30	CMB B EN50119	1235,69	1383,00	267,64	9373,60	1313,96	<b>STR6-V+X</b>
<b>STR6-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		1235,69	75,27	267,64	2262,10	1313,96	<b>STR6-V-X</b>
	Q2: WIND X(NO ICE)	1,05							
	Q2: WIND Y(NO ICE)	1,05							
<b>STR7</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	987,77	716,24	26,98	5773,14	158,16	<b>STR7</b>
	G2:C.P.N.S.	1,00							
	ECC1	1,00							
<b>SLV1</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	906,52	1218,98	230,95	7932,75	1223,31	<b>SLV1</b>
	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	906,52	1218,98	-176,99	7932,75	-907,00	<b>SLV2</b>
	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	906,52	-140,80	230,95	831,75	1223,31	<b>SLV3</b>
	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	906,52	-140,80	-176,99	831,75	-907,00	<b>SLV4</b>
	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	906,52	743,06	706,87	5447,40	3708,66	<b>SLV5</b>
	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	906,52	335,12	706,87	3317,10	3708,66	<b>SLV6</b>
	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	906,52	743,06	-652,91	5447,40	-3392,35	<b>SLV7</b>
	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	906,52	335,12	-652,91	3317,10	-3392,35	<b>SLV8</b>
	G2:C.P.N.S.	1,00							
	Sisma X	-0,30							
	Sisma Y	-1,00							

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 54 di 71

<b>GEO1-SLU</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB A1 EN50119	992,34	700,81	35,08	5696,92	205,60	<b>GEO1-SLU</b>
	G2:C.P.N.S.	1,30							
<b>GEO2-SLU</b>	G1:C.P.S.	1,00	CMB D EN50119	1199,82	1116,18	19,11	8579,73	112,46	<b>GEO2-SLU</b>
	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	1199,82	1367,76	19,11	9923,30	112,46	<b>GEO3-SLU</b>
	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	992,34	1441,46	23,40	9346,94	136,98	<b>GEO4-SLU</b>
	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	992,34	631,92	321,33	5269,75	1568,10	<b>GEO5-SLU</b>
	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	992,34	1198,60	231,95	8123,78	1138,76	<b>GEO6-SLU</b>
	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	1069,01	716,24	26,98	5773,14	158,16	<b>GEO7-SLU</b>
	G2:C.P.N.S.	1,00							
	ECC1	1,00							
<b>Equ1</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB A1 EN50119	815,87	808,63	40,47	6573,37	237,23	<b>Equ1</b>
	G2:C.P.N.S.	1,50							
<b>Equ2-V+X</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB D EN50119	1004,08	1287,90	22,05	9899,69	129,77	<b>Equ2-V+X</b>
<b>Equ2-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		1004,08	285,17	22,05	4778,52	129,77	<b>Equ2-V-X</b>
	Q1: ICE	1,50							
	Q3: WIND X (ICE)	0,90							
<b>Equ3-V+X</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB D EN50119	959,51	1578,19	22,05	11449,96	129,77	<b>Equ3-V+X</b>
<b>Equ3-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		959,51	-5,11	22,05	3228,25	129,77	<b>Equ3-V-X</b>
	Q1: ICE	0,75							
	Q3: WIND X (ICE)	1,50							
<b>Equ4-V+X</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB B EN50119	815,87	1663,22	27,00	10784,93	158,05	<b>Equ4-V+X</b>
<b>Equ4-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		815,87	-204,96	27,00	1376,02	158,05	<b>Equ4-V-X</b>
	Q2: WIND X (NO ICE)	1,50							
<b>Equ5-V+Y</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB B EN50119	815,87	729,13	370,77	6080,48	1809,34	<b>Equ5-V+Y</b>
<b>Equ5-V-Y</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		815,87	729,13	-316,77	6080,48	-1493,24	<b>Equ5-V-Y</b>
	Q2: WIND Y(NO ICE)	1,50							
<b>Equ6-V+X</b>	G1:C.P.S.	0,90	CMB B EN50119	815,87	1383,00	267,64	9373,60	1313,96	<b>Equ6-V+X</b>
<b>Equ6-V-X</b>	G2:C.P.N.S.	1,50		815,87	75,27	267,64	2787,35	1313,96	<b>Equ6-V-X</b>
	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	925,72	716,24	26,98	5773,14	158,16	<b>Equ7</b>
	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	1178,48	1178,48	1178,48	1385,96	1385,96

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 55 di 71

[daN]					
CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI DIR X [daN]	700,81	600,10	1331,96	662,13	1253,48
CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI Y [daN]	35,08	35,08	321,33	35,08	173,63
MOMENTI TRASVERSALI [daN]	5696,92	5072,49	8963,21	6239,44	9515,66
MOMENTI LONGITUDINALI [daN]	205,60	205,60	1568,10	205,60	854,70

## 10 Schede di verifica del sostegno e del blocco di fondazione

**TIPOLOGIA SOSTEGNO : LSU18b - NUMERO**
**SOSTEGNO : Esterno\_Curva**
**Caratteristiche sezione**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Area della sezione	A	56	cm <sup>2</sup>	
Modulo elastico dir. X	W <sub>elz</sub>	927	cm <sup>3</sup>	
Modulo elastico dir. Y	W <sub>ely</sub>	300	cm <sup>3</sup>	
Momento inerzia dir. X	J <sub>x</sub>	18513	cm <sup>4</sup>	
Momento inerzia dir. Y	J <sub>y</sub>	2708	cm <sup>4</sup>	
Modulo plastico dir. X	W <sub>plx</sub>	1012	cm <sup>3</sup>	
Modulo plastico dir. Y	W <sub>ply</sub>	358	cm <sup>3</sup>	
Area di taglio della sezione UPN	Av	42,69	cm <sup>2</sup>	Eq 4.2.19 NTC 2018
Altezza palo fuori terra	hft	9,607	m	
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc1	6,2	m	Trasversale
Altezza ali UPN	h <sub>f</sub>	7,0	cm	
spessore ali UPN	t <sub>f</sub>	1,1	cm	
Altezza anima UPN	h <sub>w</sub>	13,3	cm	
spessore anima UPN	t <sub>w</sub>	0,8	cm	
Raggio di curvatura	r	1,1	cm	
Costante di warping	I <sub>w</sub>	52977,4	cm <sup>6</sup>	

**Materiali**

Qualità acciaio		S 355 JR		
Modulo elastico	E	210000	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo di taglio	G	80769	N/mm <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/mm <sup>2</sup>	
Tensione di rottura caratt.	f <sub>uk</sub>	510	N/mm <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>	322,73	N/mm <sup>2</sup>	
Tensione di rottura di calc.	f <sub>ud</sub>	463,64	N/mm <sup>2</sup>	

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

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 56 di 71

descrizione	Simbolo		U.M.	Formula/Rif. Normativo
Azione normale plastica di calcolo	$N_{pl,Rd}$	180727,27	daN	$Af_{yk}/\gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano x-x		45181,82	daN	$0,25 \times N_{pl,Rd}$
limitazione piano x-x		17169,09	daN	$0,5hwtwfy/\gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano y-y		34338,18	daN	$hwtwfy/\gamma_{Ms} \times 10^{-1}$

**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	$M_{N,x,Rd}$	32660,00	daNm	$W_{pl,x} f_{yk}/\gamma_{Ms}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Y	$M_{N,y,Rd}$	11553,64	daNm	$W_{pl,y} \times f_{yk}/\gamma_{Ms}$
Verifica di resistenza		<b>0,40</b>	<b>OK</b>	$(M_{x,Ed}/M_{N,x,Rd}) + (M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd}) \leq 1$
Taglio resistente di calcolo	$V_{c,Rd}$	795429	daN	$(A_v * f_{yk}) / (3^{1/2} * \gamma_{ms})$
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	$L_{0,x}$	12,4	m	$\beta_x \times hc1$
Carico critico euleriano	$N_{cr,x}$	2495470		$\pi^2 \times E \times J_t / L_{0,x}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda_x$	0,89	-	$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{cr,x}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
		25,585798	1,07	$0,5[1 + \alpha(\lambda_x - 0,2) + \lambda_x^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi_x$	0,6044		$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_x^2} \leq 1$

**2.1.2 Direzione y-y**

descrizione	Simbolo		U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\beta_y$	2		
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,y}$	12,4	m	$\beta_z \times hc2$
Carico critico euleriano	$N_{cr,y}$	365026		$\pi^2 \times E \times J_t / L_{0,y}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda_y$	2,33		$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{cr,y}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	3,75		$0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi_y$	0,1498		$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_y^2} \leq 1$
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc2	6,2	m	

**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

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR migliorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 57 di 71

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	12,40	m		
Momento critico elastico di instabilità flessio-torsionale	$M_{cr}$	10119,68	daNm	Appendice F ENV 1993-1-1	
Coefficiente di snellezza adimensionale	$\lambda_{LT}$	1,03		$\sqrt{W_y \times f_{yk} / M_{cr}}$	
	f	0,911		$1-0,5(1-kc)[1-2,0(\lambda_{LT}-0,8)^2]$	
	$\Phi_{LT}$	1,00		$0,5[1+\alpha_{LT}(\lambda_{LT}-\lambda_{LT0})+\beta \times \lambda_{LT}^2]$	
	$\chi_{LT}$	0,75		$1/f \times 1/\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}$	
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	0,707	$\leq$	0,708	OK
coefficiente di interazione	kzy	0,513			
coefficiente di interazione	kzy	0,859	$\geq$	0,939	
coefficiente di interazione	kzz	0,855	$\leq$	0,753	NO

**2.3 Verifica a instabilità palo**

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo	
primo termine		0,014	$(N_{ed}-P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk})$	
secondo termine		0,360	$k_{yy} \times M_{x,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$	
terzo termine		0,006	$k_{yz} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$	
somma		<b>0,380</b>	$\leq 1$	<b>OK</b>
primo termine		0,054	$(N_{ed}-P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk})$	
secondo termine		0,479	$k_{zy} \times M_{x,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$	
terzo termine		0,009	$k_{zz} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$	
somma		<b>0,543</b>	$\leq 1$	<b>OK</b>

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

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo	
153,0030764	$h_m$	5,98	m	
Somma momenti carichi permanenti vert. e orizz.	$M_p + M_H$	3901,91	daNm	
Forza applicata per calcolo strapiombo	F	652,49	daN	$(M_p + M_H) / h_m$
Freccia provocata dalla forza F	f0	1,20	cm	$(F \times h_m^3 \times 10^6) / 3 \times E_j \times I_x$
Strapiombo calcolato alla quota della mensola	$S_t$	<b>-2,00</b>	mm/m	$-(f_0 \times 10) / h_m$

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

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo	
Azione normale plastica di calcolo	$N_{Pl,Rd}$	180727,27	daN	$A f_{yk} / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano x-x		45181,82	daN	$0,25 \times N_{Pl,Rd}$
limitazione piano x-x		17169,09	daN	$0,5 h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano y-y		34338,18	daN	$h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$

**Verifica combinazione**

piano x-x

No contributo azione normale

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 58 di 71

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	$M_{N,x,Rd}$	32660,00	daNm	$W_{pl,x} f_{yk}/\gamma Ms$	
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Y	$M_{N,y,Rd}$	11553,64	daNm	$W_{pl,y} x f_{yk}/\gamma Ms$	
Verifica di resistenza		<b>0,49</b>	<b>OK</b>	$(M_{x,Ed}/M_{N,x,Rd})+(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})\leq 1$	
Taglio resistente di calcolo	$V_{c,Rd}$	795429	daN	$(A_v * f_{yk}) / (3^{1/2} * \gamma ms)$	
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	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\beta x$	2		
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,x}$	12,4	m	$\beta x \times hc1$
Carico critico euleriano	$N_{cr,x}$	2495470		$\pi^2 \times E \times J_t / L_{0,x}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda x$	0,89	-	$\sqrt{A} \times f_{yk} / N_{cr,x}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	1,07		$0,5[1+\alpha(\lambda x-0,2)+\lambda x^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi X$	0,6044		$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda x^2} \leq 1$
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc1	6,2	m	

**5.1.2 Direzione y-y**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\beta y$	2		
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,y}$	12,4	m	$\beta z \times hc2$
Carico critico euleriano	$N_{cr,y}$	365026		$\pi^2 \times E \times J_t / L_{0,y}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda y$	2,33		$\sqrt{A} \times f_{yk} / N_{cr,y}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	3,75		$0,5[1+\alpha(\lambda y-0,2)+\lambda y^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi Y$	0,1498		$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda y^2} \leq 1$
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc2	6,2	m	

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

descrizione	Simbolo	Valore	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	12,40	m	
Momento critico elastico di instabilità flessorio-torsionale	$M_{cr}$	10119,68	daNm	Appendice F ENV 1993-1-1

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 59 di 71

Coefficiente di snellezza adimensionale	$\lambda_{LT}$	1,03		$\sqrt{W_y \times f_{yk} / M_{cr}}$	
	5,98 f	0,911		$1-0,5(1-k_c)[1-2,0(\lambda_{LT}-0,8)^2]$	
	$\Phi_{LT}$	1,00		$0,5[1+\alpha_{LT}(\lambda_{LT}-\lambda_{LT0})+\beta \times \lambda_{LT}^2]$	
	$\chi_{LT}$	0,75		$1/f \times 1/\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}$	
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	$k_{yy}$	0,704	$\leq$	0,705	OK
coefficiente di interazione	$k_{yz}$	0,477			
coefficiente di interazione	$k_{zy}$	0,913	$\geq$	0,963	
coefficiente di interazione	$k_{zz}$	0,795	$\leq$	0,733	NO

**5.3 Verifica a instabilità palo**

descrizione	Simbolo	Valore	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		0,171		$k_{yy} \times M_{t,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$	
terzo termine		0,166		$k_{yz} \times M_{l,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$	
somma		<b>0,345</b>	$\leq$	1	<b>OK</b>
primo termine		0,033		$(N_{ed}-P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk})$	
secondo termine		0,234		$k_{zy} \times M_{t,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$	
terzo termine		0,255		$k_{zz} \times M_{l,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$	
somma		<b>0,522</b>	$\leq$	1	<b>OK</b>

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

descrizione	Simbolo	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Azione normale plastica di calcolo	$N_{pl,Rd}$	daN	$A f_{yk} / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano x-x		daN	$0,25 \times N_{pl,Rd}$
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		<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	$M_{N,x,Rd}$	32660,00	daNm	$W_{pl,x} f_{yk} / \gamma_{Ms}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Y	$M_{N,y,Rd}$	11553,64	daNm	$W_{pl,y} \times f_{yk} / \gamma_{Ms}$
Verifica di resistenza		<b>0,32</b>	<b>OK</b>	$(M_{x,Ed} / M_{N,x,Rd}) + (M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd}) \leq 1$
Taglio resistente di calcolo	$V_{c,Rd}$	795429	daN	$(A_v \times f_{yk}) / (3^{1/2} \times \gamma_{ms})$
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	

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 60 di 71

Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,x}$	12,4	m	$\beta x \times hc1$
Carico critico euleriano	$N_{cr,x}$	2495470		$\pi^2 \times E \times Jt / L_{0,x}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda_x$	0,89	-	$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{cr,x}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	1,07		$0,5[1+\alpha(\lambda_x-0,2)+\lambda_x^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi_x$	0,6044		$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_x^2} \leq 1$

**2.1.2 Direzione y-y**

descrizione	Simbolo		U.M.	Formula/Rif. Normativo
	$\beta y$	2		
Lunghezza libera di inflessione	$L_{0,y}$	12,4	m	$\beta z \times hc2$
Carico critico euleriano	$N_{cr,y}$	365026		$\pi^2 \times E \times Jt / L_{0,y}^2$
Snellezza adimensionale	$\lambda_y$	2,33		$\sqrt{A \times f_{yk} / N_{cr,y}}$
Fattore di imperfezione	$\alpha$	0,49		Tab. 4.2.VIII NTC 2018
	$\Phi$	3,75		$0,5[1+\alpha(\lambda_y-0,2)+\lambda_y^2]$
Coefficiente di riduzione per instabilità compressione	$\chi_y$	0,1498		$1/\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_y^2} \leq 1$
Altezza per calcolo lunghezza libera di inflessione	hc2	6,2	m	

**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	12,40	m	
Momento critico elastico di instabilità flessio-torsionale	$M_{cr}$	10119,68	daNm	Appendice F ENV 1993-1-1
Coefficiente di snellezza adimensionale	$\lambda_{LT}$	1,03		$\sqrt{W_y \times f_{yk} / M_{cr}}$
	f	0,911		$1-0,5(1-kc)[1-2,0(\lambda_{LT}-0,8)^2]$
	$\Phi_{LT}$	1,00		$0,5[1+\alpha_{LT}(\lambda_{LT}-\lambda_{LT0})+\beta \times \lambda_{LT}^2]$
	$\chi_{LT}$	0,75		$1/f \times 1/\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}$
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	0,705	$\leq$	0,706
coefficiente di interazione	kyz	0,498		
coefficiente di interazione	kzy	0,882	$\geq$	0,949
coefficiente di interazione	kzz	0,830	$\leq$	0,745

**2.3 Verifica a instabilità palo**

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

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 61 di 71

primo termine	0,011		$(N_{ed}-P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk})$	
secondo termine	0,191		$+P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_x \times A \times f_{yk})$	
terzo termine	0,070		$k_{yy} \times M_{x,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$	
somma	<b>0,272</b>	≤	1	<b>OK</b>
primo termine	0,046		$(N_{ed}-P_{palo}) \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk}) + P_{palo} \times \gamma_{m1} / (\chi_y \times A \times f_{yk})$	
secondo termine	0,257		$k_{zy} \times M_{x,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_x \times f_{yk})$	
terzo termine	0,104		$k_{zz} \times M_{y,Ed} \times \gamma_{m1} / (\chi_{LT} \times W_y \times f_{yk})$	
somma	<b>0,407</b>	≤	1	<b>OK</b>

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

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Quota di attacco della mensola	$h_m$	5,98	m	
Somma momenti carichi permanenti vert. e orizz.	$M_p + M_H$	3901,91	daNm	
Forza applicata per calcolo strapiombo	F	652,49	daN	$(M_p + M_H) / h_m$
Freccia provocata dalla forza F	$f_0$	1,20	cm	$(F \times h_m^3 \times 10^6) / 3 \times J_{eq} \times E \times 10$
Strapiombo calcolato alla quota della mensola	$S_t$	<b>-2,00</b>	mm/m	$-(f_0 \times 10) / h_m$

**BLOCCO DI FONDAZIONE : B3a**
**Materiali - CLS**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Resistenza a compressione cilindrica	fck	25	N/mm <sup>2</sup>	
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c$	1,5		par. 4.1.2 NTC2018
per calcestruzzo non armato	acpl e acptl	1,0		Per blocchi armati valore 1,0
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	16,67	N/mm <sup>2</sup>	$\alpha_{cc} \times acpl \times fck / \gamma_c$ ; $\alpha_{cc} = 0,85$
Resistenza caratteristica cilindrica media	fcm	33	N/mm <sup>2</sup>	fck+8
Resistenza caratteristica a trazione	fctk	1,80	N/mm <sup>2</sup>	$0,7 \times 0,3 \times fck^{2/3}$
Resistenza di calcolo a trazione	fctd	1,20	N/mm <sup>2</sup>	acptl x fctk / $\gamma_c$
Modulo elastico	Ecm	31476	N/mm <sup>2</sup>	$22000 \times (fcm/10)^{0,3}$
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
	Blocco Armato	SI		
Tensione di snervamento armatura	fyk	450,00	N/mm <sup>2</sup>	Par. 11.3.2.1 NTC2018
Coefficiente di sicurezza acciaio da armatura	$\gamma_s$	1,15		
Tensione di snervamento armatura di calcolo	fyd	391,30	N/mm <sup>2</sup>	fyk/ $\gamma_s$

**Terreno di Fondazione**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Altezza Strato	h	3,0		
Peso di unità di volume naturale	$\gamma_d$	19	kN/m <sup>3</sup>	
Coazione drenata efficace	c'	0,0		
Coazione non drenata	cu	0,0		
Angolo di resistenza a taglio terreno	$\phi'$	25	°	

**Dimensioni Blocco di Fondazione**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Dimensione fondazione trasv. Binario	A	2,60	m	Dis. E64865

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 62 di 71

Dimensione fondazione long. Binario	B	2,00	m	Dis. E64865
Altezza fondazione	C	1,10	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 (riseqa per blocco rilevato)	C1	0,50	m	Dis. E64865
Profondità di interramento blocco	Df	1,35	m	C + (C1/2) ; C+0,17 per Rilevato
Area di base blocco di fondazione	Ab	5,20	m <sup>2</sup>	A x B
Volume blocco di fondazione	V	5,9	m <sup>3</sup>	Vmin Dis. E64865
Peso blocco di fondazione	Pb	147,0	kN	$\gamma_{cls} \times V$
Eccentricità carico	Eccx	0,50	m	

**VERIFICHE GEOTECNICHE**
**CONDIZIONE VENTO +X**
**1. Verifica a Ribaltamento - NTC2018+ CEI EN**  
**50119**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	Mrib,T	143,81	kNm	$M_T + (T_T \times (C1+C)) + MSa,T$
Coefficiente di spinta passiva	kp	2,07		$[(1+\text{sen}(\arctang(\text{tang } \phi'/1,25)))/(1-\text{sen}(\arctang(\text{tang } \phi'/1,25)))]$
Spinta passiva del terreno direzione trasversale	Sp,T	47,70	kN	$1/2kp \times \gamma_d \times C^2 \times B$
Spinta attiva del terreno direzione trasversale	Sa,T	11,08	kN	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times B /kp$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir trasv	Msp,T	17,49	kNm	$C/3 \times Sp$
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir trasversale	Msa,T	4,06	kNm	$C/3 \times Sa$
Momento resistente totale direzione trasversale	Mres,T	198,23	kNm	$[Ned \times A2] + (AxBxCx\gamma_{cls}) \times (A/2) \times 0,9 + ((A1xB1xC1x\gamma_{cls}) \times A2 \times 0,9 + Msp,T; [Nedx (A-A2) + (AxBxCx\gamma_{cls}) \times (A/2) \times 0,9 + ((A1xB1xC1x\gamma_{cls}) \times (A-A2) \times 0,9 + Msp,T^* \text{ ContrTerreno} Mrib,T/(Mres,T)$
	$\eta_T$	<b>0,725</b>		
Momento ribaltante di calcolo direzione long	Mrib,L	6,93	kNm	$M_L + (T_L \times (C1+C)) + MSa,L$
Coefficiente di spinta passiva	kp	2,07		$[(1+\text{sen}(\arctang(\text{tang } \phi'/1,25)))/(1-\text{sen}(\arctang(\text{tang } \phi'/1,25)))]$
Spinta passiva del terreno direzione longitudinale	Sp,L	62,00	kN	$1/2kp \times \gamma_d \times C^2 \times A$
Spinta attiva del terreno direzione longitudinale	Sa,L	14,41	kN	$1/2x \gamma_d \times C^2 \times A /kp$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir long	Msp,L	22,74	kNm	$C/3 \times Sp$
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir longitudinale	Msa,L	5,28	kNm	$C/3 \times Sa$
Momento resistente totale direzione long	Mres,L	164,63	kNm	$[Ned + Pb \times 0,9] \times (B/2) + Msp,L$
	$\eta_L$	<b>0,042</b>		$Mrib,L/(Mres,L)$
Verifica		<b>0,77</b>		$Mrib,T/Mres,T + Mrib,L/Mres,L \leq 1$
		<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	$\delta$	16,67		$2/3\phi'$
Azione verticale di calcolo	$N_{Ed}$	1235,7	N	$\gamma_{G1} \times (N_{ed,min})$
Forza resistente	Fr	46,85	kN	$(N_{Ed} + \gamma_{G1} \times Pb) \times \tan\delta$

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 63 di 71

Azione di taglio di calcolo - direzione trasversale	F <sub>s</sub>	16,63	kN	(T <sub>ris</sub> )
Verifica	η <sub>t</sub>	<b>2,82</b>		(Fr/F <sub>s</sub> )>1,1
		<b>OK</b>		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>	14,75	kN	N <sub>Ed</sub>
Azione di taglio in direzione trasversale	T <sub>T</sub>	15,78	kN	T <sub>T</sub>
Momento flettente trasversale	M <sub>T</sub>	114,50	kNm	M <sub>T</sub>
Azione di taglio in direzione longitudinale	T <sub>L</sub>	0,22	kN	T <sub>L</sub>
Momento flettente longitudinale	M <sub>L</sub>	1,30	kNm	M <sub>L</sub>
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	M <sub>rib,T</sub>	143,81	kNm	M <sub>T</sub> + [T <sub>T</sub> x (C+C1)]+M <sub>sa,T</sub>
Momento ribaltante di calcolo direzione longitudinale	M <sub>rib,L</sub>	6,93	kNm	M <sub>L</sub> + [T <sub>L</sub> x (C+C1)]+M <sub>sa,L</sub>
Momento resistente dovuto al contributo del terreno	M <sub>t</sub>	8,74	kNm	(γ <sub>2d</sub> x k <sub>p</sub> x (B x C <sup>3</sup> /6))*0,5 vedi E64864 rev C
eccentricità in direzione trasversale	e <sub>T</sub>	0,88	m	(M <sub>Ttot</sub> -M <sub>t</sub> +N <sub>ed</sub> x eccx)/ [Pb + N <sub>ed</sub> ]
eccentricità in direzione longitudinale	e <sub>L</sub>	0,00	m	(M <sub>Ltot</sub> -M <sub>t</sub> )/ [Pb + N <sub>ed</sub> ]
Base equivalente	B'	2,00	m	B-2e <sub>L</sub>
Base equivalente	A'	0,84	m	A-2e <sub>T</sub>
Fattore di capacità portante	N <sub>q</sub>	10,66		tan <sup>2</sup> (π/4+φ'/2)e <sup>πtanφ'</sup>
Fattore di capacità portante	N <sub>c</sub>	20,72		(N <sub>q</sub> -1)/tanφ'
Fattore di capacità portante	N <sub>γ</sub>	10,88		2 x (N <sub>q</sub> +1) x tanφ'
Fattore di forma	s <sub>c</sub>	1,99		1+0.2 x (B'/A') x K <sub>p</sub>
Fattore di forma	s <sub>q</sub>	1,49		1+0.1 x (B'/A') x K <sub>p</sub>
Fattore di forma	s <sub>γ</sub>	1,49		s <sub>q</sub>
Fattore di affondamento	d <sub>c</sub>	1,60		d <sub>q</sub> -(1-d <sub>q</sub> ) / (N <sub>c</sub> x tanφ')
Fattore di affondamento	d <sub>q</sub>	1,54		1+2 x tanφ' x (1-sinφ') <sup>2</sup> x 1/tan(D <sub>f</sub> /A)
Fattore di affondamento	d <sub>γ</sub>	1,00		
Sovraccarico laterale	q <sub>0</sub> '	25,65	kN/m <sup>2</sup>	γ <sub>2d</sub> x (C+C1/2)
Carico limite Fondazione	q <sub>lim</sub>	760,68	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'N <sub>γ</sub> D <sub>γsy</sub>
Carico limite Fondazione	F <sub>zlim</sub>	1275,99	kN	q <sub>lim</sub> x A' x B'
Fattore di sicurezza capacità portante	FC	<b>7,89</b>		F <sub>zlim</sub> /[(N <sub>ed</sub> +Pb)/A'xB']
		<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	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Diametro palo	d <sub>p</sub>		cm	d <sub>p</sub>
Altezza in pianta cuneo	H <sub>c</sub>		cm	
Infissione palo	t		cm	
Lunghezza cuneo	L		cm	d <sub>p</sub> +2 x H <sub>c</sub> x tg30°
Braccio forze interne	z		cm	2/3xt
Forza di trazione	H <sub>u</sub>		kN	3/2x(M <sub>T</sub> /t)+1/4xT <sub>T</sub>

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 64 di 71

Forza di compressione	H0	kN	$3/2x(M_T/t)+5/4xT_T$
Azione di trazione agente su cuneo a 30°	Tc	kN	$H_u/2/\cos 30^\circ$
Lato frattura a 30°	Lc	cm	$H_c/\cos 30^\circ$
Altezza zona di trazione	Tt	cm	t/2
Tensione media su ciascun piano di rottura	$\sigma_m$	MPa	$T_c/(t_i \times L_c)$
Tensione massima di trazione	$\sigma_t$	MPa	$T_c/(t_i \times l / 2 \times L_c)$

&lt;fctd

**VERIFICHE GEOTECNICHE IN COMBINAZIONE**  
**SISMICA**
**5. Verifica a Ribaltamento - NTC2018+ CEI EN**  
**50119**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	Mrib,T	77,95	kNm	$M_T + (T_T \times (C1+C)) + M_{Sa,T} + c_x * M_{Si,BI}$
Coefficiente di spinta passiva	kp	3,24		Kpe
Spinta passiva del terreno direzione trasversale	Sp,T	67,59	kN	$1/2 \times k_p \times (1-k_v) \times \gamma_d \times C^2 \times B$
Spinta attiva del terreno direzione trasversale	Sa,T	13,70	kN	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times B \times k_a (1+k_v)$
	kh	0,19		$\beta \text{ ag/g}$
	kv	0,09		0,5 x kh
Spinta inerziale sismica blocco	Si,BI	27,34		Pbl x Kh
Momento ribaltante dovuto alla spinta inerziale blocco	Msi,BI	21,87	kNm	$(C+C1)/2 \times Si,BI$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir trasv	Msp,T	24,78	kNm	C/3 x Sp
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir trasversale	Msa,T	5,02	kNm	C/3 x Sa
Momento resistente totale direzione trasversale	Mres,T	205,11	kNm	$[N_{ed} \times A2] + (A_x B_x C_x \gamma_{cls}) \times (A/2) \times 0,9 + ((A1 \times B1 \times C1 \times \gamma_{cls})) \times A2 \times 0,9 + M_{sp,T}; [N_{ed} \times (A-A2) + (A_x B_x C_x \gamma_{cls}) \times (A/2) \times 0,9 + ((A1 \times B1 \times C1 \times \gamma_{cls})) \times (A-A2) \times 0,9 + M_{sp,T} * \text{ContrTerreno}] \times M_{rib,T} / (M_{res,T})$
	$\eta_t$	<b>0,380</b>		
Momento ribaltante di calcolo direzione long	Mrib,L	76,80	kNm	$M_L + (T_L \times (C1+C)) + M_{Sa,L} * c_y M_{Si,BI}$
Coefficiente di spinta attiva	ka	0,55		kae
Spinta passiva del terreno direzione longitudinale	Sp,L	87,87	kN	$1/2 k_p (1-k_v) \times \gamma_d \times C^2 \times A \times \text{ContTerreno}$
Spinta attiva del terreno direzione longitudinale	Sa,L	17,81	kN	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times A \times k_a \times (1+k_v)$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir long	Msp,L	32,22	kNm	C/3 x Sp
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir longitudinale	Msa,L	6,53	kNm	C/3 x Sa
Momento resistente totale direzione long	Mres,L	173,59	kNm	$[N_{ed} + P_b \times 0,9] \times (B/2) + M_{sp,L}$
	$\eta_L$	<b>0,442</b>		$M_{rib,L} / (M_{res,L})$
Verifica		<b>0,82</b>		$M_{rib,T} / M_{res,T} + M_{rib,L} / M_{res,L} \leq 1$
		<b>OK</b>		

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

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Coefficiente di attrito fondazione - terreno	$\delta$	16,67		2/3 $\phi'$
Azione verticale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	906,5	N	(N <sub>ed</sub> )
Forza resistente	Fr	46,72	kN	$(N_{Ed} + \gamma_{G1} \times P_b) \times \tan \delta$

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 65 di 71

Azione di taglio di calcolo - direzione trasversale	F <sub>s</sub>	12,41	kN	T <sub>ris</sub>
Verifica	η <sub>t</sub>	<b>3,77</b>		(Fr/F <sub>s</sub> )>1,1
		<b>OK</b>		Tabella 6.4.I NTC2018

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

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Azione verticale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	9,07	kN	N <sub>Ed</sub>
Azione di taglio in direzione trasversale	T <sub>T</sub>	7,43	kN	T <sub>T</sub>
Momento flettente trasversale	M <sub>T</sub>	54,47	kNm	M <sub>T</sub>
Azione di taglio in direzione longitudinale	T <sub>L</sub>	7,07	kN	T <sub>L</sub>
Momento flettente longitudinale	M <sub>L</sub>	37,09	kNm	M <sub>L</sub>
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	M <sub>rib,T</sub>	79,45	kNm	M <sub>T</sub> + [T <sub>T</sub> x (C+C1)]+M <sub>Si,BI</sub> *c <sub>x</sub> +M <sub>Sa,T</sub>
Momento ribaltante di calcolo direzione longitudinale	M <sub>rib,L</sub>	75,29	kNm	M <sub>L</sub> + [T <sub>L</sub> x (C+C1)]+M <sub>Si,BI</sub> *c <sub>y</sub> +M <sub>Sa,L</sub>
Momento resistente dovuto al contributo del terreno	M <sub>t</sub>	12,39	kNm	(γ <sub>2d</sub> x k <sub>p</sub> (1-K <sub>v</sub> ) x (B x C <sup>3</sup> /6)X0,5)- vedi E64864 rev c
eccentricità in direzione trasversale	e <sub>T</sub>	0,46	m	(M <sub>T</sub> -M <sub>t</sub> +N <sub>ed</sub> x e <sub>ccx</sub> )/ [P <sub>b</sub> + N <sub>ed</sub> ]
eccentricità in direzione longitudinale	e <sub>L</sub>	0,40	m	(M <sub>L</sub> -M <sub>t</sub> )/ [P <sub>b</sub> + N <sub>ed</sub> ]
Base equivalente	B'	1,19	m	B-2e <sub>L</sub>
Base equivalente	A'	1,68	m	A-2e <sub>T</sub>
Fattore di capacità portante	N <sub>q</sub>	10,66		tan <sup>2</sup> (π/4+φ'/2)e <sup>πtanφ'</sup>
Fattore di capacità portante	N <sub>c</sub>	20,72		(N <sub>q</sub> -1)/tanφ'
Fattore di capacità portante	N <sub>γ</sub>	10,88		2 x (N <sub>q</sub> +1) x tanφ'
Fattore di forma	s <sub>c</sub>	1,29		1+0.2 x (B'/A') x K <sub>p</sub>
Fattore di forma	s <sub>q</sub>	1,14		1+0.1 x (B'/A') x K <sub>p</sub>
Fattore di forma	s <sub>γ</sub>	1,14		s <sub>q</sub>
Fattore di affondamento	d <sub>c</sub>	1,60		d <sub>q</sub> -(1-d <sub>q</sub> ) / (N <sub>c</sub> x tanφ')
Fattore di affondamento	d <sub>q</sub>	1,54		1+2 x tanφ' x (1-sinφ') <sup>2</sup> x 1/tan(D <sub>f</sub> /A)
Fattore di affondamento	d <sub>γ</sub>	1,00		
Sovraccarico laterale	q <sub>0'</sub>	25,65	kN/m <sup>2</sup>	γ <sub>2d</sub> x (C+C1/2)
Carico limite Fondazione	q <sub>lim</sub>	681,61	kN/m <sup>2</sup>	c' <sub>Nc</sub> D <sub>csc</sub> + q <sub>0'</sub> N <sub>q</sub> D <sub>qsq</sub> + 0,5γA' <sub>Nγ</sub> D <sub>γsy</sub>
Carico limite Fondazione	F <sub>zlim</sub>	1369,22	kN	q <sub>lim</sub> x A' x B'
Fattore di sicurezza capacità portante	FC	<b>8,77</b>		F <sub>zlim</sub> /[(N <sub>ed</sub> +P <sub>b</sub> )/A'xB']
		<b>&gt;2,3</b>		Tabella 6.4.I NTC2018
		<b>OK</b>		

**8. Rottura del Collare - SOLO PALI M E LS INFISSI COMBINAZIONE SISMICA 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	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Diametro palo	d <sub>p</sub>		cm	d <sub>p</sub>
Altezza in pianta cuneo	H <sub>c</sub>		cm	
Infissione palo	t		cm	
Lunghezza cuneo	L		cm	d <sub>p</sub> +2 x H <sub>c</sub> x tg30°
Braccio forze interne	z		cm	2/3xt
Momento agente	M <sub>T</sub>		kNm	Med+M <sub>si,BI</sub>

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 66 di 71

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	$Hu/2/\cos 30^\circ$
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	$\sigma_m$	MPa	$Tc/(t_i \times Lc)$
Tensione massima di trazione	$\sigma_t$	MPa	$Tc/(t_i \times l/2 \times Lc)$

 $<f_{ctd}$ 
**VERIFICHE GEOTECNICHE**
**CONDIZIONE VENTO -X**
**1. Verifica a Ribaltamento - NTC2018+ CEI EN 50119**

descrizione	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	Mrib,T	76,53	kNm	$M_T + (T_T \times (C1+C)) + MSa,T$
Coefficiente di spinta passiva	kp	2,07		$[(1+\sin(\arctan(\tan \phi'/1,25)))/(1-\sin(\arctan(\tan \phi'/1,25)))]$
Spinta passiva del terreno direzione trasversale	Sp,T	47,70	kN	$1/2kp \times \gamma_d \times C^2 \times B$
Spinta attiva del terreno direzione trasversale	Sa,T	11,08	kN	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times B /kp$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir trasv	Msp,T	17,49	kNm	$C/3 \times Sp$
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir trasversale	Msa,T	4,06	kNm	$C/3 \times Sa$
Momento resistente totale direzione trasversale	Mres,T	197,09	kNm	$[Ned \times A2] + (AxBxCx\gamma_{cls}) \times (A/2) \times 0,9 + ((A1xB1xC1x\gamma_{cls})) \times A2 \times 0,9 + Msp,T; [Ned \times (A-A2) + (AxBxCx\gamma_{cls}) \times (A/2) \times 0,9 + ((A1xB1xC1x\gamma_{cls})) \times (A-A2) \times 0,9 + Msp,T] \times \text{ContrTerreno}$
	$\eta_t$	<b>0,388</b>		$Mrib,T/(Mres,T)$
Momento ribaltante di calcolo direzione long	Mrib,L	-25,28	kNm	$M_L + (T_L \times (C1+C)) + MSa,L$
Coefficiente di spinta passiva	kp	2,07		$[(1+\sin(\arctan(\tan \phi'/1,25)))/(1-\sin(\arctan(\tan \phi'/1,25)))]$
Spinta passiva del terreno direzione longitudinale	Sp,L	62,00	kN	$1/2kp \times \gamma_d \times C^2 \times A$
Spinta attiva del terreno direzione longitudinale	Sa,L	14,41	kN	$1/2x \gamma_d \times C^2 \times A /kp$
Momento resistente dovuto alla spinta passiva dir long	Msp,L	22,74	kNm	$C/3 \times Sp$
Momento ribaltante dovuto alla spinta attiva dir longitudinale	Msa,L	-5,28	kNm	$C/3 \times Sa$
Momento resistente totale direzione long	Mres,L	163,19	kNm	$[Ned + Pb \times 0,9] \times (B/2) + Msp,L$
	$\eta_L$	<b>0,155</b>		$Mrib,L/(Mres,L)$
Verifica		<b>0,54</b>		$Mrib,T/Mres,T + Mrib,L/Mres,L \leq 1$
		<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	$\delta$	16,67		$2/3\phi'$
Azione verticale di calcolo	$N_{Ed}$	1235,7	N	$\gamma_{G1} \times (N_{ed,min})$
Forza resistente	Fr	46,85	kN	$(N_{Ed} + \gamma_{G1} \times Pb) \times \tan \delta$
Azione di taglio di calcolo - direzione trasversale	Fs	8,10	kN	$(T_{ris})$

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 67 di 71

 Verifica  $\eta_t$  **5,79** (Fr/Fs)>1,1  
**OK** 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	$N_{Ed}$	12,36	kN	$N_{Ed}$
Azione di taglio in direzione trasversale	$T_T$	7,29	kN	$T_T$
Momento flettente trasversale	$M_T$	60,80	kNm	$M_T$
Azione di taglio in direzione longitudinale	$T_L$	-3,17	kN	$T_L$
Momento flettente longitudinale	$M_L$	-14,93	kNm	$M_L$
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale	$M_{rib,T}$	76,53	kNm	$M_T + [T_T \times (C+C1)] + M_{sa,T}$
Momento ribaltante di calcolo direzione longitudinale	$M_{rib,L}$	-25,28	kNm	$M_L + [T_L \times (C+C1)] + M_{sa,L}$
Momento resistente dovuto al contributo del terreno	$M_t$	8,74	kNm	$(\gamma_{2d} \times k_p \times (B \times C^3/6)) \times 0,5$ vedi E64864 rev C
eccentricità in direzione trasversale	$e_T$	0,46	m	$(M_T - M_t + N_{ed} \times eccx) / [P_b + N_{ed}]$
eccentricità in direzione longitudinale	$e_L$	-0,10	m	$(M_L - M_t) / [P_b + N_{ed}]$
Base equivalente	$B'$	1,79	m	$B - 2e_L$
Base equivalente	$A'$	1,67	m	$A - 2e_T$
Fattore di capacità portante	$N_q$	10,66		$\tan^2(\pi/4 + \phi'/2) e^{\pi \tan \phi'}$
Fattore di capacità portante	$N_c$	20,72		$(N_q - 1) / \tan \phi'$
Fattore di capacità portante	$N_\gamma$	10,88		$2 \times (N_q + 1) \times \tan \phi'$
Fattore di forma	$s_c$	1,44		$1 + 0.2 \times (B'/A') \times K_p$
Fattore di forma	$s_q$	1,22		$1 + 0.1 \times (B'/A') \times K_p$
Fattore di forma	$s_\gamma$	1,22		$s_q$
Fattore di affondamento	$d_c$	1,60		$d_q - (1 - d_q) / (N_c \times \tan \phi')$
Fattore di affondamento	$d_q$	1,54		$1 + 2 \times \tan \phi' \times (1 - \sin \phi')^2 \times 1 / \tan(D_f/A)$
Fattore di affondamento	$d_\gamma$	1,00		
Sovraccarico laterale	$q_0'$	25,65	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_{2d} \times (C+C1/2)$
Carico limite Fondazione	$q_{lim}$	727,33	kN/m <sup>2</sup>	$c' N_c D c_{sc} + q_0' N_q D q_{sq} + 0,5 \gamma A' N_\gamma D \gamma_{s\gamma}$
Carico limite Fondazione	$F_{zlim}$	2179,34	kN	$q_{lim} \times A' \times B'$
Fattore di sicurezza capacità portante	$FC$	<b>13,68</b>		$F_{zlim} / [(N_{ed} + P_b) / A' \times B']$
		<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	Simbolo	Valore	U.M.	Formula/Rif. Normativo
Diametro palo	$d_p$		cm	$d_p$
Altezza in pianta cuneo	$H_c$		cm	
Infissione palo	$t$		cm	
Lunghezza cuneo	$L$		cm	$d_p + 2 \times H_c \times \tan 30^\circ$
Braccio forze interne	$z$		cm	$2/3 t$
Forza di trazione	$H_u$		kN	$3/2 \times (M_T/t) + 1/4 \times T_T$
Forza di compressione	$H_0$		kN	$3/2 \times (M_T/t) + 5/4 \times T_T$

**ELABORATI GENERALI**
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
 fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
 R=500m con DR maggiorata**

 COMMESSA  
 IA7K

 LOTTO  
 00 D 18

 CODIFICA  
 CL

 DOCUMENTO  
 LC0000 003

 REV.  
 A

 FOGLIO  
 68 di 71

Azione di trazione agente su cuneo a 30°	Tc	kN	$Hu/2/\cos 30^\circ$
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	$\sigma_m$	MPa	$Tc/(t \times Lc)$
Tensione massima di trazione	$\sigma_t$	MPa	$Tc/(t \times l / 2 \times Lc)$

**<fctd**

TIRI CONDUTTORI FISSI ALLE VARIE CONDIZIONI DI CARICO - ASSE A					
CONDUTTORI FISSI ASSE A	A1	A2	B	C	D
165 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
220 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
240 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
320 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
440 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
TRAM Corda Portante Fissa :					
TIRI CONDUTTORI FISSI ALLE VARIE CONDIZIONI DI CARICO - ASSE B					
CONDUTTORI FISSI ASSE B	A1	A2	B	C	D
165 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
220 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
240 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
320 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
440 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
TRAM Corda Portante Fissa :					
TIRI CONDUTTORI FISSI ALLE VARIE CONDIZIONI DI CARICO - ASSE C					
CONDUTTORI FISSI ASSE C	A1	A2	B	C	D
165 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
220 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
240 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
320 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
440 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
TRAM Corda Portante Fissa :					
TIRI CONDUTTORI FISSI ALLE VARIE CONDIZIONI DI CARICO - ASSE D					
CONDUTTORI FISSI ASSE D	A1	A2	B	C	D
165 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
220 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
240 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
320 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
440 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					

**ELABORATI GENERALI**

**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni  
fuori standard: sostegno TE in esterno curva  
R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA  
IA7K

LOTTO  
00 D 18

CODIFICA  
CL

DOCUMENTO  
LC0000 003

REV.  
A

FOGLIO  
69 di 71

TRAM Corda Portante Fissa :					
<b>CONDUTTORI FISSI ALLE VARIE CONDIZIONI DI CARICO - ASSE E</b>					
TIRI CONDUTTORI FISSI ASSE E	A1	A2	B	C	D
165 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
220 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
240 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
320 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
440 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
TRAM Corda Portante Fissa :					
<b>TIRI CONDUTTORI FISSI ALLE VARIE CONDIZIONI DI CARICO - ASSE F</b>					
CONDUTTORI FISSI ASSE F	A1	A2	B	C	D
165 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
220 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
240 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
320 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
440 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
TRAM Corda Portante Fissa :					
<b>TIRI CONDUTTORI FISSI ALLE VARIE CONDIZIONI DI CARICO - ASSE G</b>					
CONDUTTORI FISSI ASSE G	A1	A2	B	C	D
165 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa passante :					
220 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa passante :					
240 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa passante :					
320 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa passante :					
440 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa passante :					
TRAM Corda Portante Fissa :					
<b>TIRI CONDUTTORI FISSI ALLE VARIE CONDIZIONI DI CARICO - ORMEGGI</b>					
CONDUTTORI FISSI ORMEGGIO	A1	A2	B	C	D
Ormeggio 165 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
Ormeggio 220 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
Ormeggio 240 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
Ormeggio 320 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
Ormeggio 440 mm <sup>2</sup> Corda Portante Fissa :					
Corde di Terra passanti :	918,01	480,69	618,84	750,04	834,87
Alimentatore passante :					
Ormeggio Corde di Terra :					
Ormeggio Alimentatore :					
Strallo PF :					
Fibra Ottica Dielettrica :					
Fibra Ottica Anticaccia :					
Attraversaento Aereo :					

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 70 di 71

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.Co no +X	V.R.Co no -X	V.R.Co no SISMA
STR1			0,222	0,222		0,340	0,340					14,797	14,797		5,787	5,787				
STR2-V+X			0,314			0,478						9,934			3,680					
STR2-V-X				0,158			0,264						17,912			16,574				
STR3-V+X			0,362			0,543						7,889			3,004					
STR3-V-X				0,110			0,199						20,646			209,470				
STR4-V+X			0,344			0,513						8,451			2,817					
STR4-V-X				0,056			0,115						24,281			22,665				
STR5-V+Y			0,343			0,429						13,222			5,728					
STR5-V-Y				0,315			0,407						13,676			5,894				
STR6-V+X			0,401			0,534						9,288			3,326					
STR6-V-X				0,183			0,233						20,050			16,853				
STR7			0,190	0,190		0,294	0,294					16,273	16,273		6,457	6,457				
SLV1	1,00	0,30			0,349			0,458			0,780			8,852			3,766			
SLV2	1,00	-0,30			0,321			0,436			0,757			9,171			3,793			
SLV3	-1,00	0,30			0,131			0,153			0,220			23,710			17,274			
SLV4	-1,00	-0,30			0,104			0,132			0,197			24,473			20,659			
SLV5	0,30	1,00			0,488			0,522			0,822			8,773			4,556			
SLV6	-0,30	1,00			0,423			0,431			0,623			12,183			5,973			
SLV7	0,30	-1,00			0,460			0,500			0,799			9,202			4,724			
SLV8	-0,30	-1,00			0,395			0,409			0,600			12,763			6,366			
Equ1									0,471	0,471										
Equ2-V+X									0,665											
Equ2-V-X										0,326										
Equ3-V+X										0,768										
Equ3-V-X											0,225									
Equ4-V+X									0,748											
Equ4-V-X											0,118									
Equ5-V+Y									0,568											
Equ5-V-Y											0,543									
Equ6-V+X										0,748										
Equ6-V-X											0,307									
Equ7									0,414	0,414										
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.Co no +X	V.R.Co no -X	V.R.Co no SISMA
			0,40	0,315	0,488	0,543	0,407	0,522	0,768	0,543	0,822	7,889	13,676	8,773	2,817	5,787	3,766	0,000	0,000	0,000
			STR6-V+X	STR5-V-Y	SLV5	STR3-V+X	STR5-V-Y	SLV5	Equ3-V+X	Equ5-V-Y	SLV5	STR3-V+X	STR5-V-Y	SLV5	STR4-V+X	STR1	SLV1			
			10	9	17	4	9	17	24	29	17	4	9	17	6	1	13			
N [daN]			1235,69	1235,69	906,52	1475,09	1235,69	906,52	959,51	815,87	906,52	1475,09	1235,69	906,52	1235,69	1235,69	906,52			
T.Trasv X [daN]			1383,00	729,13	743,06	1578,19	729,13	743,06	1578,19	729,13	743,06	1578,19	729,13	743,06	1663,22	808,63	1218,98			
T.Long Y [daN]			267,64	-316,77	706,87	22,05	-316,77	706,87	22,05	-316,77	706,87	22,05	-316,77	706,87	27,00	40,47	230,95			
M.trasv [daN*m]			9373,60	6080,48	5447,40	11449,96	6080,48	5447,40	11449,96	6080,48	5447,40	11449,96	6080,48	5447,40	10784,93	6573,37	7932,75			
M.Long [daN*m]			1313,96	-1493,24	3708,66	129,77	-1493,24	3708,66	129,77	-1493,24	3708,66	129,77	-1493,24	3708,66	158,05	237,23	1223,31			

**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione di calcolo delle strutture e fondazioni**  
**fuori standard: sostegno TE in esterno curva**  
**R=500m con DR maggiorata**

COMMESSA IA7K    LOTTO 00 D 18    CODIFICA CL    DOCUMENTO LC0000 003    REV. A    FOGLIO 71 di 71

## 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

DATI SISMICI		DATI FONDAZIONE (B3a)			
Acc. di progetto Sv(t1)	0,75	A [m]	2,6	V [m <sup>3</sup> ]	5,88
		B [m]	2	Ecc [m]	0,5
		C [m]	1,1	Blocco Armato	
		A1 [m]	0,8		
		B1 [m]	0,8	Contributo del terreno lato opposto binario [%]	0
		C1 [m]	0,5		
VALORI STRAPIOMBO					
Strapiombo [mm/m]	-2				
Strapiombo [cm H mensola]	-1				
VERIFICHE SOSTEGNO (LSU18b)					
	Vento +X	Vento -X	SISMICA		
Verifica di Resistenza	OK 0,4 < 1,0	OK 0,32 < 1,0	OK	0,49 < 1,0	
Verifica a Stabilità	OK 0,54 < 1,0	OK 0,41 < 1,0	OK	0,52 < 1,0	
VERIFICHE BLOCCO DI FONDAZIONE (B3a)					
	Vento +X	Vento -X	SISMICA		
Ver. Ribaltamento	OK 0,77 < 1,0	OK 0,54 < 1,0	OK	0,82 < 1,0	
Ver. Scorrimento	OK 2,82 > 1,1	OK 5,79 > 1,1	OK	3,77 > 1,1	
Ver. Carico Limite	OK 7,89 > 2,3	OK 13,68 > 2,3	OK	8,77 > 2,3	
Ver. Collare	N/A -	N/A -	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.