

**Cliente** TERNA S.p.A.

**Oggetto** Completamento attività sui sostegni della serie in semplice e doppia terna per linee elettriche 132-150 kV. Verifica ai carichi di esercizio e sismici delle fondazioni e dei monconi; redazione dei disegni costruttivi.  
Scheda ING12 Rev. 00 TRAL132CP  
**Fondazioni normali di serie CR**  
**Calcolo di Verifica della fondazione LF102**

**Ordine** Contratto TERNA-CESI 3000019186del 5/06/2006

**Note** Rev. 00

PUBBLICATO A6025581 (PAD - 843216)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

**N. pagine** 6 **N. pagine fuori testo** 16

**Data** 02/10/2006

**Elaborato** Gatti Fabrizio (CESI-SRN)  
A6025581 114965 ALIT



**Approvato** Baldi Gualtiero (CESI-SRN)  
A6025581 114939 APP



Mod. RAPP v. 01

## *Indice*

STORIA DELLE REVISIONI.....	3
DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	3
1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ.....	4
2 RISULTATI DEL CALCOLO.....	5
3 CONCLUSIONI .....	5
ALLEGATO 1. PROGETTO ESECUTIVO FONDAZIONI NORMALI SERIE CR. FONDAZIONE TIPO LF 102. RELAZIONE DI CALCOLO.....	6

**STORIA DELLE REVISIONI**

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
00	2/10/2006	A6025581	Prima emissione

**DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

- 111 Ordinanza PCM 20/03/2003 n. 3274 *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*
- 121 Ordinanza PCM 10/10/2003 n. 3316 *Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del PCM n. 3274 del 20/03/2003*
- 131 D.M. 21.03.1998 di cui alla legge N. 339 del 28.06.1986 *Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne*
- 141 Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, IV Sezione *Norme applicabili alla costruzione di linee elettriche aeree esterne. Pareri del Consiglio Superiore LL.PP. 4^ Sezione, n. 261 del 25/06/1998, n. 285 del 16/07/1998 e n. 174 del 23/04/1998, Adunanza del 17/12/1998, N. protocollo 457/98*
- 151 Ordinanza PCM 3/05/2005 n. 3431 *Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*
- 161 Decreto 14/09/2005 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale il 23/09/2005 come supplemento 159 alla serie generale 222 *"Norme tecniche per le costruzioni "*

## 1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Il presente documento descrive le attività e i risultati relativi alla verifica strutturale della fondazione LF102 per sostegni per linee elettriche aeree a 132-150kV in semplice e doppia terna in accordo alla normativa di esecuzione delle linee elettriche aeree esterne [3]

Viene effettuata anche una verifica di idoneità sismica secondo quanto richiesto dal Voto del CSLP del 17/12/1998 n. 457/98 ([4]), in accordo alle normative recentemente entrate in vigore ([1], [2], [5] e [6]).

La fondazione LF102 è associata ai seguenti tipi di sostegno semplice terna (ST) e doppia terna (DT):

TIPO FONDAZIONE	H (cm)	TIPO SOSTEGNO	
LF 102 / 1	240	ST	L : 21 (-2/+3); 24 (-2/+3); 27 (-2/+3); 30 (-2/+3); 33 (-2/+3) N : 12 (-2/+3); 15 (-2/+3); 18 (-2/+3); 21(-2/+3); 24(-2/+3); 27(-2/+3); 30(-2/+3) M : 9 (-2/+3); 12 (-2/+3); 15 (-2/+3) P : 9 (-2/+3); 12 (-2/+3); 15 (-2/+3)
		DT	L : 12 (-2/+3); 15 (-2/+3); 18 (-2/+3) N : 9 (-2/+3)
LF 102 / 2	260	ST	N : 33 (-2/+3) M : 18 (-2/+3); 21 (-2/+3); 24 (-2/+3); 27 (-2/+3); 30 (-2/+3) P : 18 (-2/+3); 21(-2/+3); 24(-2/+3)
		DT	L : 21(-2/+3); 30 (-2/+3); 33 (-2/+3) N : 12 (-2/+3); 21(-2/+3)
LF 102 / 8	230	DT	L : 9 (-2/+3)
LF 102 / 9	250	DT	L : 24(-2/+3); 27(-2/+3) N : 15 (-2/+3); 18 (-2/+3)
LF 102 / 10	280	DT	N : 24 (-2/+3); 27 (-2/+3); 30 (-2/+3); 33 (-2/+3) M : 9 (-2/+3); 12 (-2/+3)

La correlazione tra tipo di fondazione e sostegno ed i criteri in base ai quali è stata effettuata sono riportati nel documento:

- A6025789 “Completamento attività sui sostegni della serie in semplice e doppia terna per linee elettriche 132-150 kV. Verifica ai carichi di esercizio e sismici delle fondazioni e dei monconi; redazione dei disegni costruttivi. Scheda ING12 Rev. 00 TRAL132CP. Fondazioni normali di serie CR. Verifiche di stabilità delle fondazioni unificate”, rev. 00, ottobre 2006

I carichi normali, eccezionali e sismici sono stati ricavati dalle seguenti relazioni di calcolo CESI:

- A5058069 “Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda RIS01 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV

*Semplice Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo "L"- Zone "A-B" Allungati da H9 a H33", rev. 00, dicembre 2005*

- *A6009167 "Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda RIS01 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Semplice Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo "M"- Zone "A-B" Allungati da H9 a H33", rev. 01, aprile 2006*
- *A6010901 "Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda RIS01 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Semplice Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica dei Sostegni Tipo "N" e "N\*" - Zone "A-B" Allungati da H9 a H33", rev. 01, aprile 2006*
- *A5057378 "Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda RIS01 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Semplice Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo "P"- Zone "A-B" Allungati da H9 a H48", rev. 00, dicembre 2005*
- *A6016479 "Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda ING13 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Doppia Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo "L"- Zone "A-B" Allungati da H9 a H33", rev. 00, giugno 2006*
- *A6005704 "Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda ING13 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Doppia Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo "N"- Zone "A-B" Allungati da H9 a H45", rev. 00, giugno 2006*
- *A6016480 "Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda ING13 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Doppia Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo "M"- Zone "A-B" Allungati da H9 a H33", rev. 00, giugno 2006*
- *A6025124 "Completamento attività sui sostegni della serie in semplice e doppia terna per linee elettriche 132-150 kV. Verifica ai carichi di esercizio e sismici delle fondazioni e dei monconi; redazione dei disegni costruttivi.. Scheda ING12 Rev. 00 TRAL132CP. Monconi d'ancoraggio per fondazioni normali di serie CR. Calcolo di Verifica del moncone F43", rev. 01, settembre 2006*
- *A6025126 "Completamento attività sui sostegni della serie in semplice e doppia terna per linee elettriche 132-150 kV. Verifica ai carichi di esercizio e sismici delle fondazioni e dei monconi; redazione dei disegni costruttivi.. Scheda ING12 Rev. 00 TRAL132CP. Monconi d'ancoraggio per fondazioni normali di serie CR. Calcolo di Verifica del moncone F44", rev. 01, settembre 2006*
- *A6025127 "Completamento attività sui sostegni della serie in semplice e doppia terna per linee elettriche 132-150 kV. Verifica ai carichi di esercizio e sismici delle fondazioni e dei monconi; redazione dei disegni costruttivi.. Scheda ING12 Rev. 00 TRAL132CP. Monconi d'ancoraggio per fondazioni normali di serie CR. Calcolo di Verifica del moncone F45", rev. 01, settembre 2006*

## 2 RISULTATI DEL CALCOLO

Le attività numeriche e i risultati del calcolo sono dettagliatamente descritte nell'Allegato 1 *PROGETTO ESECUTIVO FONDAZIONI NORMALI SERIE CR. FONDAZIONE TIPO LF 102. RELAZIONE DI CALCOLO* al presente documento, redatto da professionista incaricato da TERNA S.p.A.

## 3 CONCLUSIONI

La fondazione in oggetto, così come descritta nell'Allegato, risulta verificata; esso è pertanto idonea ad essere adottata per i tipi di sostegno definiti nel presente documento.

**ALLEGATO 1. PROGETTO ESECUTIVO FONDAZIONI NORMALI SERIE CR.  
FONDAZIONE TIPO LF 102. RELAZIONE DI CALCOLO**

# LINEE AEREE 132-150 kV

## PROGETTO ESECUTIVO FONDAZIONI NORMALI SERIE CR

### FONDAZIONE TIPO LF 102

#### RELAZIONE DI CALCOLO.



Redatto da:

Ing. G. Miglietta

Settembre 2006

---

## LISTA DI DISTRIBUZIONE

Cesi S.p.A.  
TERNA S.p.A.

## STORIA DELLE MODIFICHE

Data	Versione	Descrizione cambiamenti	Riferimento
09 - 2006	00	Emissione	

## RIFERIMENTI

### Normativa

- D. M. 9 gennaio 1996, “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- D. M. 14 febbraio 1992: “Norme tecniche per l’esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- Circolare Min. LL.PP. 4 Luglio 1996 n. 156AA.GG./STC.: Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996;
- Testo Unico “Norme tecniche per le costruzioni”- Allegato al voto n.35/2005 dell’assemblea generale del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici del 30 marzo 2005;
- D. M. LL.PP del 21 Marzo 1988, “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne”;
- D. M. LL.PP. del 5 Agosto 1998, “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne”.

### Documentazione tecnica

- A5058069 “Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda RIS01 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Semplice Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo “L”- Zone “A-B”Allungati da H9 a H33”, rev. 00, dicembre 2005
- A6009167 “Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda RIS01 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Semplice Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo “M”- Zone “A-B”Allungati da H9 a H33”, rev. 01, aprile 2006
- A6010901 “Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda RIS01 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Semplice Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica dei Sostegni Tipo “N” e “N\*”- Zone “A-B”Allungati da H9 a H33”, rev. 01, aprile 2006

- A5057378 “Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda RIS01 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Semplice Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo “P”- Zone “A-B”Allungati da H9 a H48”, rev. 00, dicembre 2005
- A6016479 “Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda ING13 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Doppia Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo “L”- Zone “A-B”Allungati da H9 a H33”, rev. 00, giugno 2006
- A6005704 “Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda ING13 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Doppia Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo “N”- Zone “A-B”Allungati da H9 a H45”, rev. 00, giugno 2006
- A6016480 “Verifica ai carichi di esercizio e sismici di tralicci tipo per linee elettriche serie 132-150 kV a semplice e doppia terna. Scheda ING13 Rev. 00 Linea Elettrica Aerea a 132-150 kV Doppia Terna. Conduttori alluminio-acciaio Ø 22,8 e Ø 31,5. Calcolo di Verifica del Sostegno Tipo “M”- Zone “A-B”Allungati da H9 a H33”, rev. 00, giugno 2006
- A6025124 “Completamento attività sui sostegni della serie in semplice e doppia terna per linee elettriche 132-150 kV. Verifica ai carichi di esercizio e sismici delle fondazioni e dei monconi; redazione dei disegni costruttivi.. Scheda ING12 Rev. 00 TRAL132CP. Monconi d’ancoraggio per fondazioni normali di serie CR. Calcolo di Verifica del moncone F43”, rev. 01, settembre 2006
- A6025126 “Completamento attività sui sostegni della serie in semplice e doppia terna per linee elettriche 132-150 kV. Verifica ai carichi di esercizio e sismici delle fondazioni e dei monconi; redazione dei disegni costruttivi.. Scheda ING12 Rev. 00 TRAL132CP. Monconi d’ancoraggio per fondazioni normali di serie CR. Calcolo di Verifica del moncone F44”, rev. 01, settembre 2006
- A6025127 “Completamento attività sui sostegni della serie in semplice e doppia terna per linee elettriche 132-150 kV. Verifica ai carichi di esercizio e sismici delle fondazioni e dei monconi; redazione dei disegni costruttivi.. Scheda ING12 Rev. 00 TRAL132CP. Monconi d’ancoraggio per fondazioni normali di serie CR. Calcolo di Verifica del moncone F45”, rev. 01, settembre 2006
- A6025789 “Completamento attività sui sostegni della serie in semplice e doppia terna per linee elettriche 132-150 kV. Verifica ai carichi di esercizio e sismici delle fondazioni e dei monconi; redazione dei disegni costruttivi. Scheda ING12 Rev. 00 TRAL132CP. Fondazioni normali di serie CR. Verifiche di stabilità delle fondazioni unificate, rev. 00, ottobre 2006

---

## INDICE

1	INTRODUZIONE.....	5
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	7
3	MATERIALI E RESISTENZE DI CALCOLO .....	9
4	CARICHI.....	10
5	VERIFICHE.....	12
6	CONCLUSIONI.....	15

# 1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione sono illustrate le sole verifiche di resistenza strutturale della fondazione serie C tipo **LF 102** prevista per i sostegni tipo relativi alle linee aeree 132 – 150 kV in Semplice (ST) e Doppia (DT) Terna, nell'ipotesi che i parametri geotecnici permettano l'adozione di fondazioni del tipo diretto, come nel progetto unificato Terna.

Per le verifiche di stabilità della fondazione si rimanda all'apposita relazione (vedere documento A6025789 in riferimento).

La fondazione denominata **LF 102/N**, con N (numero) corrispondente alla quota imposta H (in cm) della fondazione, è prevista per i sostegni elencati in Tabella 1.

TIPO FONDAZIONE	H (cm)	TIPO SOSTEGNO	
<b>LF 102 / 1</b>	240	<b>ST</b>	<b>L :</b> 21 (-2/+3); 24 (-2/+3); 27 (-2/+3); 30 (-2/+3); 33 (-2/+3) <b>N :</b> 12 (-2/+3); 15 (-2/+3); 18 (-2/+3); 21(-2/+3); 24(-2/+3); 27(-2/+3); 30(-2/+3) <b>M :</b> 9 (-2/+3); 12 (-2/+3); 15 (-2/+3) <b>P :</b> 9 (-2/+3); 12 (-2/+3); 15 (-2/+3)
		<b>DT</b>	<b>L :</b> 12 (-2/+3); 15 (-2/+3); 18 (-2/+3) <b>N :</b> 9 (-2/+3)
<b>LF 102 / 2</b>	260	<b>ST</b>	<b>N :</b> 33 (-2/+3) <b>M :</b> 18 (-2/+3); 21 (-2/+3); 24 (-2/+3); 27 (-2/+3); 30 (-2/+3) <b>P :</b> 18 (-2/+3); 21(-2/+3); 24(-2/+3)
		<b>DT</b>	<b>L :</b> 21(-2/+3); 30 (-2/+3); 33 (-2/+3) <b>N :</b> 12 (-2/+3); 21(-2/+3)
<b>LF 102 / 8</b>	230	<b>DT</b>	<b>L :</b> 9 (-2/+3)
<b>LF 102 / 9</b>	250	<b>DT</b>	<b>L :</b> 24(-2/+3); 27(-2/+3) <b>N :</b> 15 (-2/+3); 18 (-2/+3)
<b>LF 102 / 10</b>	280	<b>DT</b>	<b>N :</b> 24 (-2/+3); 27 (-2/+3); 30 (-2/+3); 33 (-2/+3) <b>M :</b> 9 (-2/+3); 12 (-2/+3)

TABELLA 1

La tipologia fondazionale (a piedini separati) così come il sistema d'ancoraggio del sostegno (con moncone) e la forma (cassero) della fondazione sono state individuate da Terna.

---

La progettazione e le successive verifiche sono state eseguite in conformità alla Normativa vigente, tenendo in debito conto le prescrizioni sui carichi e sovraccarichi.

Le verifiche di resistenza strutturale sono state effettuate:

- per le condizioni di carico dettate dalla Norma Linee, secondo il metodo delle tensioni ammissibili;
- per le condizioni di carico che prevedono l'azione sismica, con il metodo dello stato limite ultimo (S.L.U.).

I criteri di analisi e di calcolo adottati sono funzionali al grado di definizione delle opere e dei carichi in gioco; le elaborazioni sono state effettuate secondo gli ordinari metodi della Scienza delle costruzioni e le tecniche convenzionali normalmente impiegate per tali opere.

I dimensionamenti e le verifiche sono state condotte considerando per ogni tipologia di sostegno individuata quella con condizioni di carico maggiormente penalizzante.

Le unità di misura adottate sono quelle del sistema internazionale (S.I.).

---

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La fondazione del traliccio metallico di sostegno della rete elettrica aerea in oggetto è formata da quattro plinti isolati, uno per ciascun montante del traliccio, posti ad una distanza pari all'interasse dei montanti del traliccio stesso.

Il plinto è composto da una parte inferiore (piede), di dimensioni massime 170 x 170 cm per un'altezza complessiva di 55 cm conformato a gradoni, due di altezza pari a 20 cm ed uno di altezza pari a 15 cm, su cui è impostato un pilastro a sezione circolare di diametro 70 cm, avente altezza variabile; il pilastro fuoriesce dal piano campagna di 50 cm.

La quota d'imposta del plinto (a meno dello spessore di 5 cm del cls magro su cui appoggia), funzione della tipologia del traliccio, è riportata in Tabella 1.

L'ancoraggio del traliccio al plinto è garantito da un moncone che trova ancoraggio, tramite opportune squadrette, nella parte inferiore del plinto (piede); la correlazione tra altezza fondazione, tipo di moncone e tipo di sostegno è riportata in Tabella 2.

<b>SOSTEGNO</b>			<b>MONCONE</b>	<b>FONDAZIONE</b>	
Tipo		Altezza (Piede)	(Tipo/Altezza)	Tipo	Altezza
<b>ST</b>	<b>L</b>	<b>21</b> (-2/+3); <b>24</b> (-2/+3); <b>27</b> (-2/+3); <b>30</b> (-2/+3); <b>33</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2700</b>	<b>LF 102 / 1</b>	240
	<b>N</b>	<b>12</b> (-2/+3); <b>15</b> (-2/+3); <b>18</b> (-2/+3); <b>21</b> (-2/+3); <b>24</b> (-2/+3); <b>27</b> (-2/+3); <b>30</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2700</b>		
	<b>M</b>	<b>9</b> (-2/+3); <b>12</b> (-2/+3); <b>15</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2700</b>		
	<b>P</b>	<b>9</b> (-2/+3); <b>12</b> (-2/+3); <b>15</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2700</b>		
<b>DT</b>	<b>L</b>	<b>12</b> (-2/+3); <b>15</b> (-2/+3); <b>18</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2700</b>		
	<b>N</b>	<b>9</b> (-2/+3)	<b>LF 44 / 2700</b>		
<b>ST</b>	<b>N</b>	<b>33</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2900</b>	<b>LF 102 / 2</b>	260
	<b>M</b>	<b>18</b> (-2/+3); <b>21</b> (-2/+3); <b>24</b> (-2/+3); <b>27</b> (-2/+3); <b>30</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2900</b>		
	<b>P</b>	<b>18</b> (-2/+3); <b>21</b> (-2/+3); <b>24</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2900</b>		
<b>DT</b>	<b>L</b>	<b>21</b> (-2/+3); <b>30</b> (-2/+3); <b>33</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2900</b>		
	<b>N</b>	<b>12</b> (-2/+3); <b>21</b> (-2/+3)	<b>LF 44 / 2900</b>		
<b>DT</b>	<b>L</b>	<b>9</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2600</b>	<b>LF 102 / 8</b>	230
<b>DT</b>	<b>L</b>	<b>24</b> (-2/+3); <b>27</b> (-2/+3)	<b>LF 43 / 2800</b>	<b>LF 102 / 9</b>	250
	<b>N</b>	<b>15</b> (-2/+3); <b>18</b> (-2/+3)	<b>LF 44 / 2800</b>		
<b>DT</b>	<b>N</b>	<b>24</b> (-2/+3); <b>27</b> (-2/+3); <b>30</b> (-2/+3); <b>33</b> (-2/+3)	<b>LF 44 / 3100</b>	<b>LF 102 / 10</b>	280
	<b>M</b>	<b>9</b> (-2/+3); <b>12</b> (-2/+3)	<b>LF 45 / 3100</b>		

TABELLA 2

---

### 3 MATERIALI E RESISTENZE DI CALCOLO

#### Materiali

Le caratteristiche dei materiali da impiegare sono:

- Calcestruzzo per opere di fondazione:  $R_{ck} \geq 250 \text{ daN/mm}^2$
- Peso specifico cls:  $\gamma_c = 2158 \text{ daN/m}^3$
- Barre d'armatura per c. a.: Fe B 44 K

Il peso specifico è fornito dalla Normativa sulle linee aeree (D. M. LL.PP del 21 Marzo 1988, "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne").

#### Resistenze di calcolo

Le resistenze di calcolo dei materiali (resistenze di progetto o tensione ammissibile) sono determinate in accordo alla Normativa vigente (D. M. 9 gennaio 1996, "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche"), precisamente:

- **tensione ammissibile** per le combinazioni di carico previste al par.: 2.4.04 - *Ipotesi di calcolo* delle Norme Linee:

- Calcestruzzo per opere di fondazione ( $R_{ck} 250 \text{ daN/cm}^2$ ):

- a flessione e pressoflessione  $\bar{\sigma}_c = 85 \text{ daN/cm}^2$
- a compressione semplice  $\bar{\sigma}_c = 60 \text{ daN/cm}^2$

nel caso di compressione trasmessa dalle squadrette del moncone, considerando che questa interessa un'area limitata ben confinata, si ammette una sollecitazione max ammissibile pari a:

- compressione:  $60/0,83$   $\bar{\sigma}_c = 73 \text{ daN/cm}^2$
- a taglio  $\bar{\tau}_c = 5,3 \text{ daN/cm}^2$   
 $\bar{\tau}_{c1} = 16,8 \text{ daN/cm}^2$

- Acciaio: Fe B 44 K:  $\bar{\sigma}_a = 2600 \text{ daN/cm}^2$

- **resistenze di calcolo** (in accordo anche al "Testo Unico - Norme tecniche per le costruzioni" Cap. 5.1 Costruzioni di conglomerato cementizio) per le combinazioni di carico che prevedono l'azione sismica:

- Calcestruzzo per opere di fondazione ( $R_{ck} 250 \text{ daN/cm}^2$ ):
  - compressione  $f_{cd} = 130 \text{ daN/cm}^2$
- Acciaio: Fe B 44 K:  $f_{yd} = 3740 \text{ daN/cm}^2$

## 4 CARICHI

I carichi, per i quali vengono verificate le fondazioni, derivano dall'analisi dei carichi effettuate da CESI, così come i valori della pressione sul terreno, e del peso della terra su di essa gravante per trazione (vedere documenti in riferimento).

Le analisi effettuate prevedono:

- le combinazioni di carico così come previsto dalle "Norme Tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" par. 2.4.04 – *Ipotesi di carico*.
- le combinazioni di carico con l'azione sismica, in accordo alla OPCM 3274, 3316 e 3431, allegato 2;

nel primo caso le tensioni risultanti vanno confrontate con le **tensioni ammissibili**, nel secondo caso con le **resistenze di calcolo**, entrambe definite al par. 3.

L'analisi con l'azione sismica è stata effettuata sui vari sostegni tipo (C, E, E\*, L, M, N,P e V) e conferma che la conseguente max reazione vincolare (corrispondente a  $F_p$ ) risulta essere o inferiore o, al max, superiore del 12,4 % della max reazione vincolare per le condizioni da Norma Linee.

Occorre peraltro considerare che l'approccio agli stati limite ultimi (S.L.U.), nel caso di verifica con l'azione sismica, consente di movimentare le riserve di resistenza del materiale fino alla resistenza di calcolo, che per il cls risulta maggiore del 53% rispetto alla tensione ammissibile per le verifiche con le combinazioni previste dalla stessa Norma, mentre per l'acciaio risulta maggiore del 44%.

Ciò consente quindi un dimensionamento secondo i carichi della Norma Linee, sino a quando l'incremento dovuto alle azioni sismiche si mantiene entro i limiti della differenza tra resistenza di calcolo e tensione ammissibile.

Nella Tabella 3 sono riportati i valori max dei carichi delle sole combinazioni di carico da Norma Linee, per i sostegni tipo utilizzabili con il presente plinto, che per quanto detto precedentemente risultano essere le più gravose.

Nella Tabella 4 sono invece riportate la pressione trasmessa al terreno (corrispondente al max carico di compressione del relativo sostegno), il peso della fondazione e il peso della terra che grava sulla stessa.

Tabella 3

TIPO FONDAZIONE	TIPO SOSTEGNO		CARICHI (daN)		
			Compr.	Trazione	Taglio (Tx; Ty)
LF 102 / 1	ST	P 9 (- 2)	-	-	2701
	DT	N 9 (+3)	35465	30583	-
		L 18 (+3)	36579	31390	-
LF 102 / 2	DT	L 33 (+3)	41319	35062	-
	DT	N 21 (+3)	40791	35085	-

<b>LF 102 / 8</b>	DT	L 9 (+3)	33129	28647	-
<b>LF 102 / 9</b>	DT	N 18 (+3)	39651	34157	-
		L 27 (+3)	39405	33654	-
<b>LF 102 / 10</b>	DT	M 12 (+3)	47063	39520	-
		N 33(+3)	45140	38519	-

*Tabella 4*

<b>TIPO FONDAZIONE</b>	Peso piede (daN)	Peso terr. grav. x traz. (daN)	Peso terr. grav. x compr. (daN)	Max pressione (daN/cm <sup>2</sup> )
<b>LF 102 / 1</b>	2429	27616	8007	1,7
<b>LF 102 / 2</b>	2429	33001	8792	1,9
<b>LF 102 / 8</b>	2429	25135	7615	1,6
<b>LF 102 / 9</b>	2429	30238	8400	1,8
<b>LF 102 / 10</b>	2429	38952	9577	2,1

I carichi sono considerati applicati alla quota di interfaccia traliccio-fondazione (+ 0,50 m dal p.c.) e sono riferiti secondo gli assi del montante.

## 5 VERIFICHE

Come detto precedentemente, nel presente documento sono riportate le sole verifiche di resistenza strutturale, secondo il metodo delle tensioni ammissibili, che comprendono il calcolo delle tensioni nel c.a., precisamente:

- lo stato tensionale nel cls e nell'armatura del piede del plinto;
- lo stato tensionale nel cls ed nell'armatura del pilastro cilindrico;
- lo stato tensionale nel cls, conseguente alle azioni trasmesse dal moncone.

### a) Stato tensionale nel piede (170 x 170 cm altezza 55 cm)

Sia per l'armatura inferiore che superiore si ipotizza uno schema a traliccio (asta tesa per l'armatura e biella compressa per il cls); per l'armatura inferiore si assume un carico pari alla max pressione trasmessa al terreno, mentre per l'armatura superiore si assume un carico pari al max peso di terreno gravante più il peso proprio del piede stesso.

*Armatura inferiore (6 dia 12; A = 6,78 cm<sup>2</sup>):*

- area di carico:  $[(170+110)/2] * 50 = 7000 \text{ cm}^2$
- carico N:  $(2,1 - 2,8 * 1570/10^4) * 7000 = 11623 \text{ daN}$
- tensione max armatura:  $11623 * \text{tg } 30^\circ / 6,78 = 989 \text{ daN/cm}^2$   
( $\leq \bar{\sigma}_a = 2600 \text{ daN/cm}^2$ )

*Armatura superiore (6 dia 12; A = 6,78 cm<sup>2</sup>):*

- carico N:  $(38952 + 2429) / 4 = 10345 \text{ daN}$
- tensione max armatura:  $10345 * \text{tg } 45^\circ / 6,78 = 1525 \text{ daN/cm}^2$   
( $\leq \bar{\sigma}_a = 2600 \text{ daN/cm}^2$ )

*calcestruzzo:*

- max sollecitazione di taglio:  $11623 / [55 * (170 + 70)/2] = 1,8 \text{ daN/cm}^2$   
( $\leq \tau_c = 5,3 \text{ daN/cm}^2$ )

### b) Stato tensionale nel pilastro (sez. circolare dia 70 cm)

Come successivamente definito (punto c), le azioni corrispondenti ai carichi verticali trasmessi dal traliccio sono considerate trasferite interamente al piede di fondazione; il pilastro è da considerarsi pertanto sollecitato dalla sola azione orizzontale (taglio) trasmessa dal traliccio che induce, alla base del pilastro, un momento flettente pari al taglio per l'altezza del pilastro stesso.

Come da specifica richiesta Terna, il valore minimo dell'azione orizzontale (taglio di progetto) che il pilastro deve essere in grado di far fronte non deve comunque essere inferiore a 5000 daN.

In considerazione di ciò, la determinazione delle azioni interne nel pilastro sono state calcolate utilizzando per l'intera fondazione (piede e pilastro) uno schema statico di trave su suolo elastico alla Winkler, soggetto al taglio di progetto (5000 daN) applicato in sommità del pilastro.

---

I vincoli introdotti sono rappresentati da un letto di molle orizzontali, poste lungo tutta l'altezza della fondazione, ed un letto di molle verticali, poste sotto la base del plinto; per il pilastro, l'azione orizzontale della molla è considerata agire su una larghezza efficace pari a  $1,5xD$ , dove  $D$  è il lato del pilastro.

Per il tipo di terreno valido nel presente progetto, si è assunto un valore della costante elastica (verticale) di Winkler pari a  $10 \text{ daN/m}^3$ ; il calcolo è stato effettuato per due altezze rappresentative del pilastro (3 m e 2,2 m) e per una forza orizzontale pari a 5000 daN.

Sono stati, inoltre, considerati differenti valori della costante elastica di Winkler, precisamente:

- K1, valore orizzontale e verticale =  $10 \text{ daN/m}^3$ ;
- K2, valore orizzontale e verticale =  $0,5 * 10 \text{ daN/m}^3$ ;
- K3, valore orizzontale e verticale =  $0,1 * 10 \text{ daN/m}^3$ ;
- K4, valore orizzontale =  $0,1 * 10 \text{ daN/m}^3$ , valore verticale =  $10 \text{ daN/m}^3$ .

L'andamento del momento nel pilastro, funzione della distanza dal suo spiccato dal piede e per i vari valori di  $K$ , è rappresentato in Fig. 1 di seguito allegata.

Dalla figura risulta che il momento flettente nel pilastro non supera il valore di 6000 daNm, operando a favore di sicurezza, si assume tale valore come valore rappresentativo del pilastro.

Nel caso della fondazione LF 102, l'azione max orizzontale ( $F_t = 2701 \text{ daN}$ ) risulta inferiore al valore di progetto; trascurando il peso del pilastro (ipotesi conservativa) si ha pertanto:

- |                                   |           |                                                                                         |
|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| - Max azione tagliante assunta:   |           | = 5000 daN                                                                              |
| - max momento flettente:          |           | = 6000 daNm                                                                             |
| - Armatura:                       | 10 dia 14 | = $15,39 \text{ cm}^2$                                                                  |
| - Tensione massima nel cls:       |           | $\sigma_c = 47 \text{ daN/cm}^2$<br>( $\leq \bar{\sigma}_c = 85 \text{ daN/cm}^2$ )     |
| - Tensione massima nell'armatura: |           | $\sigma_a = 1989 \text{ daN/cm}^2$<br>( $\leq \bar{\sigma}_a = 2600 \text{ daN/cm}^2$ ) |

### c) Verifica interfaccia moncone-fondazione

Le verifiche sono fatte nei riguardi delle sole azioni trasmesse dal moncone alla fondazione, le verifiche condotte riguardano pertanto la compressione locale del calcestruzzo ed il punzonamento nello stesso; le verifiche del moncone sono invece riportate nella relazione specifica indicata in "Riferimenti".

Per la verifica dell'interfaccia fra moncone e sostegno si è fatta l'ipotesi che la sollecitazione di trazione/compressione venga trasferita alla fondazione tramite il solo contrasto offerto dalle apposite squadrette previste sul moncone (si trascura pertanto il contributo eventualmente offerto dall'attrito moncone-cls di fondazione), ripartendosi in parti uguali sui diversi livelli delle squadrette di ancoraggio.

Nel caso della fondazione LF 102 in oggetto sono previsti i monconi tipo LF 43; 44 e 45; nella Tabella 6 sono riportati il numero ed i livelli delle squadrette oltre al tipo e lunghezza delle stesse.

Tabella 6

Moncone	Squadrette		
	n.	n. livelli	Profilo/lunghezza (mm)
LF 43; 44	2	1	120x120 / 340
LF 45	2	1	140x140 / 380

*Compressione locale nel cls*

La Tabella 7 riporta per il moncone impiegato i max carichi applicati al moncone, le aree di contatto delle squadrette (da “Relazioni di calcolo dei monconi” in riferimento) e le corrispondenti max sollecitazione di compressione locale sul cls.

Tabella 7

Moncone	Area di contatto squadrette (cm <sup>2</sup> )	Max carico applicato (daN)	Max compressione cls (daN/ cm <sup>2</sup> )
LF 43; 44	672	45140	67
LF 45	868	47063	54

Come risulta dalla Tabella 7, le max compressioni risultano di valore inferiore al valore ammissibile pari a  $\sigma_{c/loc} = 73 \text{ daN/cm}^2$

*Punzonamento nel cls*

Posto:

distanza tra ala orizzontale squadrette e bordo inferiore plinto	= 32 cm
lato piastra fittizia, con area pari all'area contatto di LF 44	= 26 cm
pressione minima sul terreno (ipotesi conservativa)	= 1,6 daN/cm <sup>2</sup>

si ottiene:

$$\text{tensione tangenziale: } [45140 - (32 + 26)^2 \cdot 1,6] / (32 + 26) \cdot 4 \cdot 32 = 5,3 \text{ daN/cm}^2$$

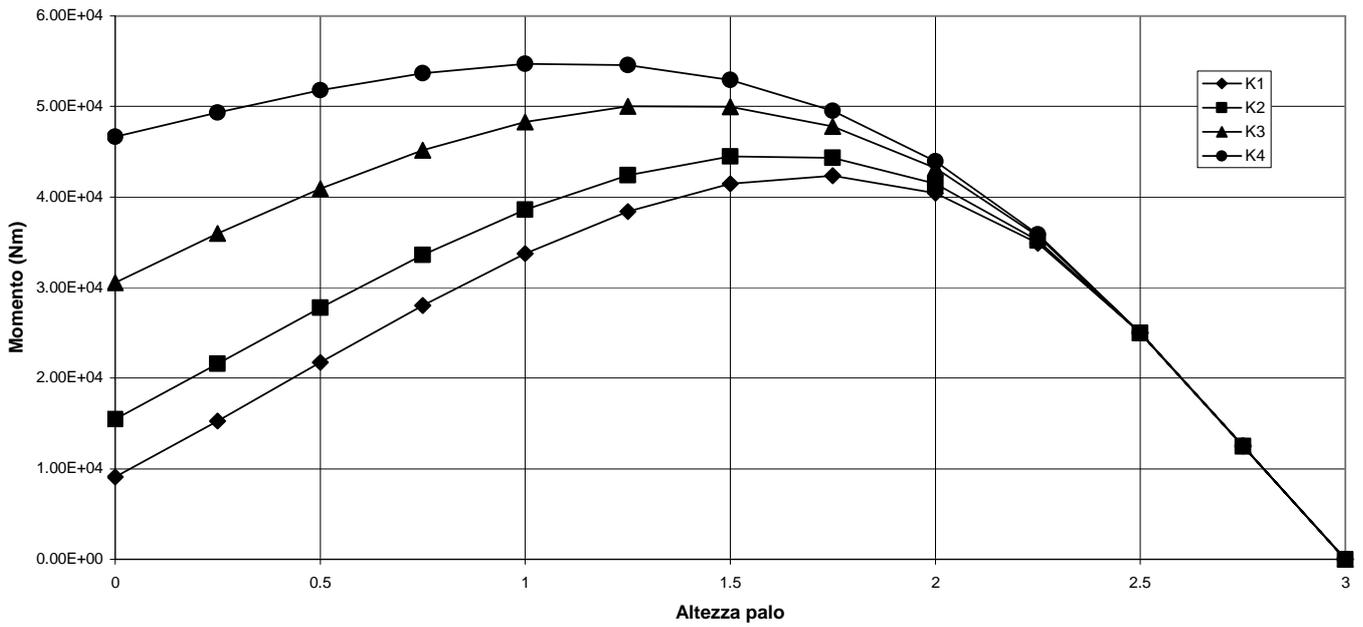
il valore della tensione di taglio risulta pari al valore ammissibile ( $\tau_c = 5,3 \text{ daN/cm}^2$ ); in considerazione dell'ipotesi conservativa assunta per la pressione sul terreno, si può comunque considerare verificata la sezione.

---

## 6 CONCLUSIONI

La fondazione in oggetto, così come descritta nel cap. 2 della presente relazione, risulta verificata; essa è pertanto idonea ad essere adottata per i tipi di sostegno definiti nel presente documento.

Momento al variare della K



Altezza palo 2.2 m - Momento al variare della K

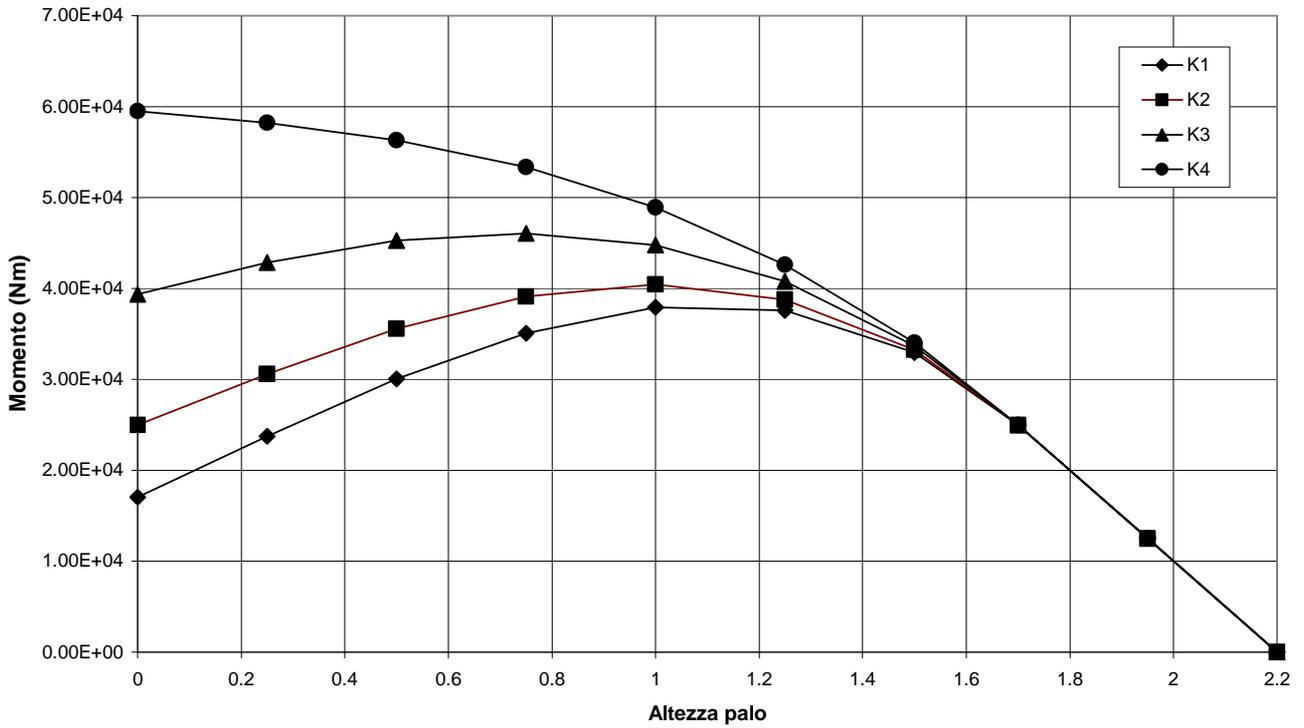


Fig. 1