

**LINEA ELETTRICA AEREA A 132-150 kV SEMPLICE TERNA A TRIANGOLO**  
CONDUTTORI  $\varnothing$  31,5 mm – EDS 12% - ZONA "B"

**UTILIZZAZIONE DEL SOSTEGNO "M"**  
CALCOLO DELLE AZIONI ESTERNE SUL SOSTEGNO

**Storia delle revisioni**

Rev. 00	del 15/12/2005	Prima emissione
Rev. 01	del 27/07/2007	A seguito sostituzione profili commerciali sui sostegni della serie aggiornato riferimento elaborato calcolo di verifica del sostegno

Elaborato		Verificato		Approvato
L. Alario		L. Alario		R. Rendina
ING/ILC/COL		ING/ILC/COL		ING/ILC/COL

m010CI-LG001-r02

CALCOLO ESEGUITO IN CONFORMITA' AL D.M. DEL 21/03/1988  
DI CUI ALLA LEGGE N. 339 DEL 28/06/1986

PER IL CALCOLO DI VERIFICA DEL SOSTEGNO VEDERE  
ELABORATO: **CESI prot. A7011179 – Rev.0 – Aprile 2007**

## 1) CARATTERISTICHE GENERALI

Conduttore	All. Acc. $\varnothing$ 31,5 mm ( <b>RQUT0000C2/1</b> )
Corda di guardia	Acciaio rivestito di alluminio $\varnothing$ 11,5 mm ( <b>LC 51</b> ), acciaio $\varnothing$ 10,5 mm ( <b>LC 21/1</b> ) (*)
Isolatori	Vetro temprato a cappa e perno in catene di 9 elementi nelle sospensioni semplici e di 9 elementi nelle sospensioni doppie e amarri.
Tipo fondazione	In calcestruzzo a piedini separati
Messa a terra	Secondo le norme citate
Larghezza linea	7 m tra i conduttori esterni

## 2) CONDUTTORI E CORDA DI GUARDIA

### 2.1 CARATTERISTICHE PRINCIPALI

		CONDUTTORE	CORDA DI GUARDIA	CORDA DI GUARDIA
		RQUT0000C2/1	LC 51	LC 21/1
MATERIALE		All. Acc.	Acc.rivestito di All.	Acc.
DIAMETRO CIRCOSCRITTO (mm)		31,5	11,5	10,5
SEZIONI TEORICHE	ALLUMINIO (mm <sup>2</sup> )	519,5	-	-
	ACCIAIO (mm <sup>2</sup> )	65,8	-	-
	TOTALE (mm <sup>2</sup> )	583,30	80,65	65,81
MASSA UNITARIA (Kg/m)		1,953	0,537	0,517
MODULO DI ELASTICITA' (N/mm <sup>2</sup> )		68000	155000	175000
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE (1/°C)		19,4 X 10 <sup>-6</sup>	13 X 10 <sup>-6</sup>	11,5 X 10 <sup>-6</sup>
CARICO DI ROTTURA (daN)		16852	9000	10196

### 2.2 CONDIZIONE BASE E CONDIZIONE DERIVATA

#### - CONDIZIONE BASE

**EDS:** (Every Day Stress) 15°C, conduttore scarico

In detta condizione il tiro orizzontale è stato assunto costante al variare della campata equivalente della tratta (ovvero della campata reale per la corda di guardia). I valori di tiro per conduttore e corda di guardia sono:

		CONDUTTORE	CORDA DI GUARDIA	CORDA DI GUARDIA
		RQUT0000C2/1	LC 51	LC 21/1
<b>TIRO ORIZZONTALE T<sub>0</sub></b>	(daN)	<b>2025</b>	<b>1008</b>	<b>995</b>

#### - CONDIZIONE DERIVATA

**MSA:** -5°C, vento alla velocità di 130 km/h

**MSB:** -20°C, manicotto di ghiaccio di 12 mm, vento alla velocità di 65 km/h.

(\*) Corde di guardia di altra tipologia potranno essere utilizzate purchè vengano rispettati i valori massimi delle azioni trasmesse dalla corda indicata.

In detta condizione i tiri vengono ottenuti risolvendo la equazione del cambiamento di stato:

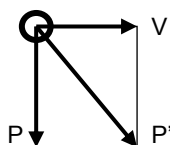
$$\alpha (\Theta_d - \Theta_b) + \frac{1}{S E} (T_d - T_b) = \frac{p'_d{}^2 L^2}{24 T_d^2} - \frac{p'_b{}^2 L^2}{24 T_b^2}$$

Ove:

- $\Theta_d$  = Temperatura della condizione derivata
- $\Theta_b$  = Temperatura della condizione base
- S = Sezione totale del conduttore
- E = Modulo di elasticità
- $T_d$  = Tiro orizzontale della condizione derivata
- $T_b$  = Tiro orizzontale della condizione base
- $P'_d$  = Carico risultante per metro di conduttore nella condizione derivata
- $P'_b$  = Carico risultante per metro di conduttore nella condizione base
- L = Campata equivalente (\*) della tratta nel caso di conduttore ovvero campata reale nel caso di corda di guardia

I valori di spinta del vento per metro di conduttore, di peso per metro di conduttore e di carico risultante per metro di conduttore sono riportati nella seguente tabella:

		CONDUTTORE	CORDA DI GUARDIA	CORDA DI GUARDIA
		RQUT0000C2/1	LC 51	LC 21/1
CONDIZIONE <b>EDS</b>	V	0	0	0
	P	1,9159	0,5268	0,5072
	P'	1,9159	0,5268	0,5072
CONDIZIONE <b>MSA</b>	V	2,2248	0,8123	0,7416
	P	1,9159	0,5268	0,5072
	P'	2,9361	0,9681	0,8985
CONDIZIONE <b>MSB</b>	V	0,9800	0,6269	0,6092
	P	3,3959	1,3264	1,2727
	P'	3,5345	1,4670	1,4110



V = spinta del vento per metro di conduttore (daN/m)

P = peso per metro di conduttore (daN/m)

$P' = \sqrt{V^2 + P^2}$  = carico risultante per metro di conduttore (daN/m)

(\*)  $L = \sqrt{\frac{\sum Li^3}{\sum Li}}$  ove le Li sono le campate reali comprese fra due successivi amari

### 3) UTILIZZAZIONE MECCANICA DEL SOSTEGNO

#### 3.1 FORMULE PER IL CALCOLO DELLE AZIONI ESTERNE

Il calcolo del sostegno è stato eseguito tenendo conto delle azioni esterne dei conduttori e delle corde di guardia nelle due ipotesi **MSA** e **MSB**.

Le formule per il calcolo di tali azioni, sia per conduttori che per corde di guardia (supposti integri), sono le seguenti:

Conduttori	}	Azione trasversale	$T = v C_m + 2 \operatorname{sen} \delta/2 T_0 + t^*$	(2)
		Azione verticale	$P = p C_m + K T_0 + p^*$	(3)

Ove:

- v = spinta del vento per metro di conduttore
- p = peso per metro di conduttore i valori di v e di p sono riportati in 2.2
- t\* = spinta del vento su isolatori e morsetteria
- p\* = peso di isolatori e morsetteria
- T<sub>0</sub> = tiro orizzontale nel conduttore

I valori di t\* e p\* sono riportati nella seguente tabella:

		CONDUTTORE		CORDA DI GUARDIA	
		t*	p*	t*	p*
<b>MSA</b>	(daN)	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>MSB</b>	(daN)	<b>20</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

T<sub>0</sub> =Tiro orizzontale nel conduttore

I valori di T<sub>0</sub> sono riportati nella seguente tabella:

		CONDUTTORE	CORDA DI GUARDIA	CORDA DI GUARDIA
		RQUT0000C2/1	LC 51	LC 21/1
<b>MSA</b>	(daN)	<b>3204</b>	<b>1822</b>	<b>1731</b>
<b>MSB</b>	(daN)	<b>3992</b>	<b>2703</b>	<b>2646</b>

I suddetti tiri sono stati ottenuti mediante la equazione del cambiamento di stato e rappresentano i massimi valori che il tiro assume nella suddetta ipotesi:

per i conduttori in un intervallo di campate equivalenti pari a 200 ÷ 800 m

per le corde di guardia in un intervallo di campate reali pari a 100 ÷ 1000 m

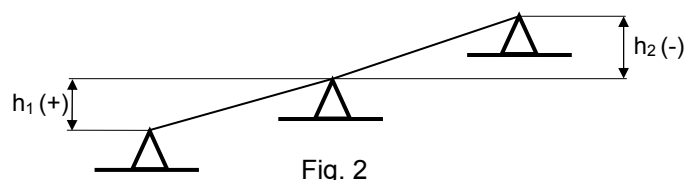
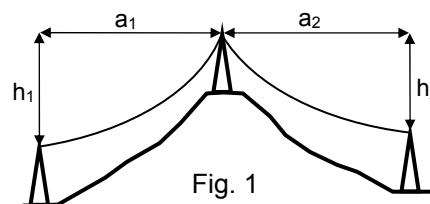
caratteristiche geometriche del picchetto:

- C<sub>m</sub> = campata media
- δ = angolo di deviazione
- K = costante altimetrica (\*)

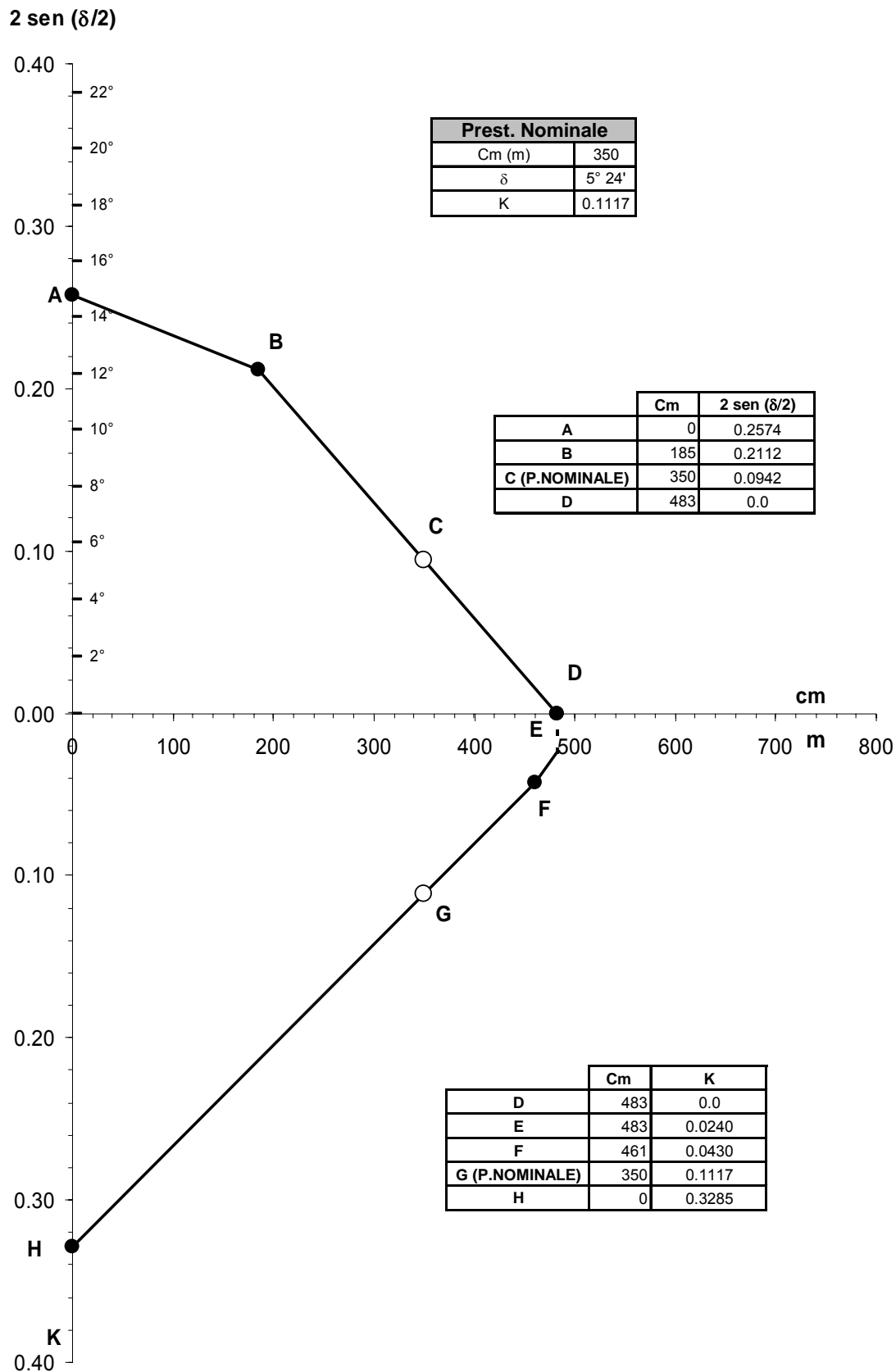
(\*) L'espressione di K è la seguente:

$$k = \frac{h_1}{a_1} + \frac{h_2}{a_2} \quad (\text{vedi fig.1})$$

ove le campate "a" hanno sempre segno positivo ed i dislivelli "h" segno positivo o negativo secondo lo schema di fig. 2



### 3.2 DIAGRAMMA DI UTILIZZAZIONE DEL SOSTEGNO



**IL DIAGRAMMA DELIMITA**

- a) Nel piano  $(C_m, \delta)$  un insieme di punti ai quali corrisponde un'azione trasversale complessiva non superiore a quella di calcolo del sostegno (campo di utilizzazione trasversale)
- b) Nel piano  $(C_m, K)$  un insieme di punti ai quali corrisponde un'azione verticale complessiva non superiore a quella di calcolo del sostegno (campo di utilizzazione verticale)

Pertanto, affinché il sostegno possa essere impiegato in un picchetto di caratteristiche geometriche  $(C_{m_i}, \delta_i, K_i)$  è necessario che i punti  $(C_{m_i}, \delta_i)$  e  $(C_{m_i}, K_i)$  siano compresi rispettivamente nei campi di utilizzazione trasversale e verticale.

**3.3 AZIONI PER IL CALCOLO DEL SOSTEGNO**

Sono state determinate le azioni esterne per il calcolo del sostegno in condizioni MSA ed MSB, sia nell'ipotesi di conduttori e corda di guardia integri (ipotesi normale), sia nell'ipotesi di rottura di un conduttore o della corda di guardia secondo quanto prescritto dalle norme (ipotesi eccezionale).

**IPOTESI NORMALE**

- Azioni trasversali e verticali:

Sono stati considerati i massimi valori che si verificano nelle più gravose condizioni d'impiego del sostegno (vedi diagramma di utilizzazione)

- Azioni longitudinali:

per la corda di guardia (amarrata ad ogni sostegno) è stato considerato uno squilibrio di tiro per tenere conto della diversa lunghezza delle campate adiacenti al sostegno.

Per ogni picchetto si dovrà perciò verificare mediante (1) che la effettiva differenza di tiro in condizioni MSA e MSB, per la corda di guardia che si intende impiegare sia minore o eguale dei valori di squilibrio considerati per il calcolo del sostegno.

Per un indagine rapida sono stati costruiti i diagrammi di fig. 3 relativi alle corde di guardia, che tengono conto dei massimi squilibri.

Riportando in ascisse la campata maggiore ( $L_M$ ) tra le due adiacenti al sostegno e in ordinata la minore ( $L_m$ ), se il punto di coordinata  $(L_M, L_m)$  sta al disopra del diagramma la verifica è positiva poiché, lo squilibrio di tiro è minore di quello di calcolo.

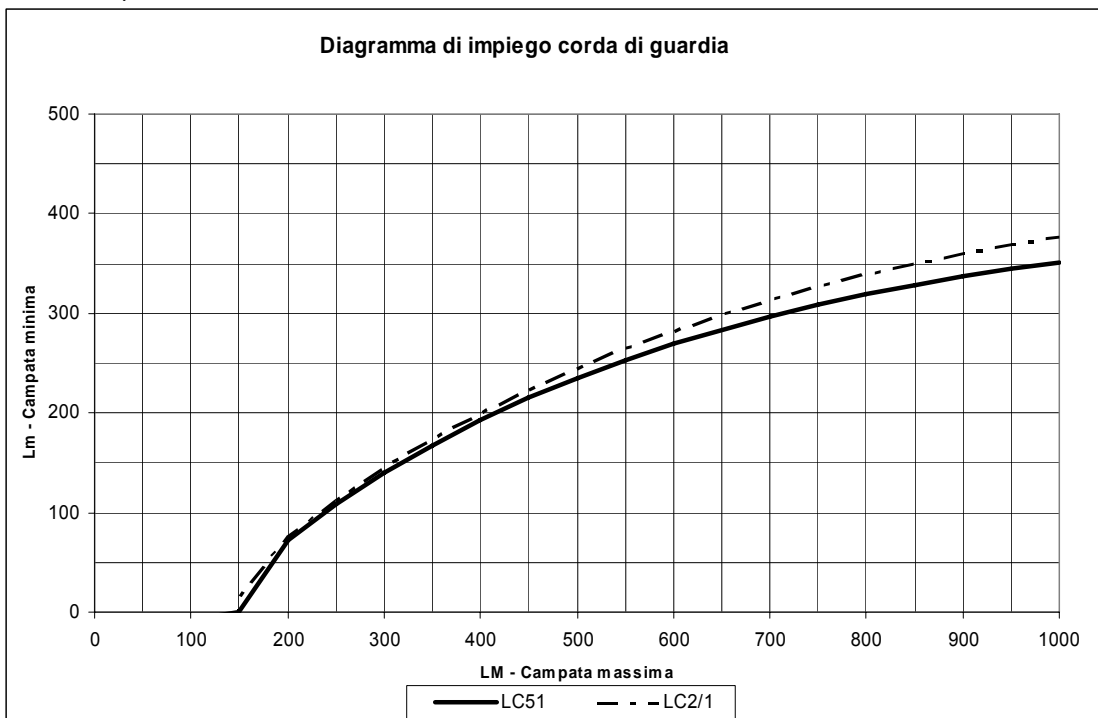


Fig.3

**IPOTESI ECCEZIONALE:**

- Azioni trasversali e verticali:

per i conduttori i valori sono stati ottenuti dimezzando le corrispondenti azioni in ipotesi normale (tali valori non risultano esattamente la metà in quanto nelle due ipotesi sono state mantenute costanti la spinta del vento su isolatori e morsetteria ( $t^*$ ) ed il loro peso ( $p^*$ )).

Per le corde di guardia i valori sono stati ottenuti dimezzando le corrispondenti azioni in ipotesi normale.

- Azioni longitudinali:

sono state assunte pari al tiro  $T_0$

**VALORI DELLE AZIONI ESTERNE PER IL CALCOLO DEL SOSTEGNO**

Sono riportati nella seguente tabella:

IPOTESI	STATO DEI CONDUTTORI	CONDUTTORE RQ UT 0000C2/1			CORDA DI GUARDIA LC51 (***)		
		T(daN)	P(daN)	L(daN)	T(daN)	P(daN)	L(daN)
<b>NORMALE</b>	<b>MSA -B</b>	1148	1123	0	535	599	240
<b>ECCEZIONALE (**)</b>	<b>MSA -B</b>	604	596	3204	268	299	1822
<b>NORMALE</b>	<b>MSB</b>	1048	1807	0	696	888	360
<b>ECCEZIONALE (**)</b>	<b>MSB</b>	534	939	3992	348	444	2703

(\*\*) Rottura di uno dei tre conduttori o della corda di guardia. I valori indicati si riferiscono, ovviamente, al solo conduttore (o corda di guardia) rotto.

Mediante le relazioni (2) e (3) si può verificare che per tutte le terne di prestazioni geometriche ( $C_m, \delta K$ ) tali che il punto ( $C_m, \delta K$ ) sia compreso nel "campo di utilizzazione trasversale" e il punto ( $C_m, K$ ) sia compreso nel "campo di utilizzazione verticale", le azioni trasversali e verticali (sia per i conduttori che per corde di guardia) nella condizione MSA e MSB risultino inferiori od eguali a quelle considerate per il calcolo del sostegno e riportate nella tabella precedente.

(\*\*\*) Nel caso di utilizzo di corde di guardia di altra tipologia dovrà essere verificato il non superamento dei valori  $T, P, L$ , indicati.