

# RELAZIONE DI CALCOLO DI UN PLINTO PER PUBBLICA ILLUMINAZIONE

## 1. PREMESSA

La presente relazione riguarda il calcolo di stabilità di un plinto in c.a. per sostegno pali di illuminazione prodotti dalla ditta SEM tipologia codice 4460, 4560, 4880, 4980 e 41080.

## 2. NORME DI RIFERIMENTO E STANDARD

Questa relazione di calcolo è eseguita nel rispetto della normativa vigente in Italia ed in accordo alle specifiche di progettazione, in particolare:

- Legge 5/11/1971 n. 1086

“Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica”

- D.M. 14/01/2008

“Norme tecniche per le costruzioni”

- Norme CEI 11-4

## 3. MATERIALI DA COSTRUZIONE

Per le opere della seguente relazione, sono prescritti i seguenti materiali:

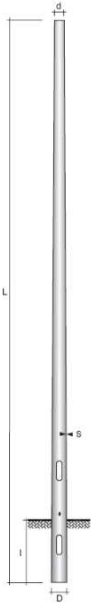
- Calcestruzzo per plinto:  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ 
  - resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = 15,7 \text{ N/mm}^2$
  - resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd} = 1,15 \text{ N/mm}^2$
  - peso specifico  $\gamma_{calc} = 24,0 \text{ KN/m}^3$
- Acciaio per armatura: B 450 C
  - tensione di snervamento  $f_{yd} = 450 \text{ N/mm}^2$
  - modulo elastico  $E = 206.000 \text{ N/mm}^2$
  - coefficiente di omogeneizzazione  $n = 15$

## 4. CARICHI DI PROGETTO

La verifica di stabilità viene eseguita considerando l'azione del vento sul palo di illuminazione; dato che le masse in gioco sono di piccola entità, l'azione sismica che nascerebbe, per qualsiasi zona sismica, è sempre inferiore rispetto all'azione del vento → per questo motivo non si effettuano verifiche sismiche.

### 4.1. Caratteristiche geometriche del palo

Palo rastremato:



#### PALO CONICO DIRITTO DA LAMIERA SALDATA SPESSORE 3 mm.

in acciaio S235 JR (Fe 360 b) UNI EN 10025,  
zincato a caldo secondo UNI EN ISO 1461;  
Lavorazioni standard alla base (pag. 9).

articolo	L mm	I mm	s mm	D mm	d mm	vern. m <sup>2</sup>	portella articolo	peso kg	conf. pz
4460	4.500	500	3	105	60	1,17	4300/1	27,0	1
4560	5.500	500	3	115	60	1,51	4300/1	35,0	1
4880	8.800	800	3	148	60	2,88	4301/2	66,0	1
4980	9.800	800	3	158	60	3,36	4301/2	79,0	1
41080	10.800	800	3	168	60	3,87	4301/2	93,0	1

L = Altezza fuori terra

I = Incastro alla base

s = Spessore

D = Diametro alla base

d = Diametro in sommità

Distanza baricentro armatura da asse palo:  $x = 0,00$  m; come diametro medio teniamo rispettivamente 83 mm, 88 mm, 104 mm, 109 mm e 114 mm.

Nella tabella sottostante ci sono le superfici massime esposte al vento (m<sup>2</sup>)

Zona 1 (max 1.000 m s.l.m.)

Zona 2 (max 750 m s.l.m.)

Vref0 25 m/sec

	I	II	III	IV
		~ 140	~ 120	~ 110
4460	0,65	0,80	0,90	0,95
4560	0,55	0,65	0,80	0,85
4880	0,30	0,40	0,60	0,60
4980	0,25	0,35	0,55	0,60
41080	0,25	0,30	0,50	0,55

## 4.1. Caratteristiche geometriche del corpo illuminante

N°1 corpo illuminante:

Peso proprio:  $P_a = 0,25$  kN

Distanza baricentro armatura da asse palo:  $x = 0,00$  m

Superficie laterale max esposta al vento:  $A_{max} = 0,13$  m<sup>2</sup>

Superficie laterale min esposta al vento:  $A_{max} = 0,07$  m<sup>2</sup>

## 4.2. Azioni del Vento

L'azione del vento sul palo di illuminazione è valutata secondo le indicazioni della normativa italiana; facendo riferimento ad una località situata in zona 1 (Lombardia) altitudine del sito  $a_s < 1.000$  m s.l.m. e distanza dal mare  $> 10$  km, si hanno i seguenti parametri:

zona 1 (Lombardia):  $v_{bo} = 25$  m/sec (Tr= 50 anni)

$$a_0 = 1000 \text{ m}$$

altitudine sito:  $a_s < a_0 = 1.000$  m s.l.m.

distanza dal mare  $> 10$  km

classe di rugosità del terreno B (aree URBANE - non di classe A-, suburbane, industriali e boschive) categoria di esposizione IV:

$$k_f = 0,22$$

$$z_0 = 0,30 \text{ m}$$

$$z_{min} = 8 \text{ m}$$

coefficiente di topografia:  $c_t = 1,00$

pressione cinetica di picco:  $q(z) = 1/2 * \rho * c_e(z) * v_{bo}^2$

$$\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3 \text{ (densità dell'aria)}$$

- Pressione del Vento sul fusto del palo (z= altezza fusto palo)

coefficiente di esposizione:  $c_e(z) = k_{fz} * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)]$  per  $z \geq z_{min}$

con  $k_f = 0,22$ ;  $z_0 = 0,30$  m;  $z_{min} = 8,00$  m

per  $z \leq 8,00$  m  $\rightarrow$   $c_e = 1,63$  [codice palo 4460, 4560 e 4880]

per  $z = 9,00$  m  $\rightarrow$   $c_e = 1,71$  [codice palo 4980]

per  $z = 10,00$  m  $\rightarrow$   $c_e = 1,78$  [codice palo 41080]

### 4.2.1. Azione del vento sul corpo illuminante:

$H_2 = p_2 * A$  dove A = superficie trasversale del corpo illuminante)

$A_{min} = 0,07$  m<sup>2</sup> (vento in direzione frontale)

$A_{max} = 0,15$  m<sup>2</sup> (vento in direzione laterale)

coefficiente di forma:  $c_f = 1,2$

$$p_2 = c_f * q = 1,2 * 667,97 = 801,56 \text{ N/m}^2$$

$$H_{2min} = 801,56 * 0,07 = 56,10 \text{ N}$$

$$H_{2max} = 801,56 * 0,13 = 104,20 \text{ N}$$

#### 4.2.2. Azione su palo codice 4460

coefficiente di forma:  $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 1,232$

essendo:  $d_m = 0,083 \text{ m};$   
 $q (z=4,00\text{m}) = 636,72 \text{ N/m}^2;$   
 $d_m * \sqrt{q} = 0,083 * 25,23 = 2,09$

coefficiente dinamico:  $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 636,72 * 1,232 * 1,00 = 784,44 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,083 * 784,44 = 65,11 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 4,00 * 65,11 = 260,43 \text{ N}$$

#### 4.2.1. Azione su palo codice 4560

coefficiente di forma:  $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 1,199$

essendo:  $d_m = 0,088 \text{ m};$   
 $q (z=5,00\text{m}) = 636,72 \text{ N/m}^2;$   
 $d_m * \sqrt{q} = 0,088 * 25,23 = 2,22$

coefficiente dinamico:  $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 636,72 * 1,199 * 1,00 = 763,43 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,088 * 763,43 = 67,18 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 5,00 * 67,18 = 335,91 \text{ N}$$

#### 4.2.1. Azione su palo codice 4880

coefficiente di forma:  $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 1,093$

essendo:  $d_m = 0,104 \text{ m};$   
 $q (z = 8,00\text{m}) = 636,72 \text{ N/m}^2;$   
 $d_m * \sqrt{q} = 0,104 * 25,23 = 2,62$

coefficiente dinamico:  $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 636,72 * 1,093 * 1,00 = 695,88 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,104 * 695,88 = 72,37 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 8,00 * 72,37 = 578,97 \text{ N}$$

#### 4.2.1. Azione su palo codice 4980

coefficiente di forma:  $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 1,042$

essendo:  $d_m = 0,109 \text{ m};$   
 $q (z = 9,00\text{m}) = 667,97 \text{ N/m}^2;$   
 $d_m * \sqrt{q} = 0,109 * 25,84 = 2,82$

coefficiente dinamico:  $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 667,97 * 1,042 * 1,00 = 696,19 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,109 * 696,19 = 75,88 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 9,00 * 75,88 = 682,96 \text{ N}$$

#### 4.2.1. Azione su palo codice 41080

coefficiente di forma:  $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 0,992$

essendo:  $d_m = 0,114 \text{ m};$   
 $q (z = 10,00\text{m}) = 695,31 \text{ N/m}^2;$   
 $d_m * \sqrt{q} = 0,114 * 26,37 = 3,01$

coefficiente dinamico:  $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 695,31 * 0,992 * 1,00 = 690,03 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,114 * 690,03 = 78,66 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 10,00 * 78,66 = 786,64 \text{ N}$$

### **4.3. Caratteristiche terreno**

Per il calcolo della spinta delle terre agente sul blocco di fondazione, si considerano i seguenti parametri:

Terreno vegetale:

- Peso specifico:  $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito del terreno:  $\varphi = 30^\circ$
- Spinta passiva:  $k_p = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) = 3,00$
- Coefficiente di attrito terreno-plinto:  $\delta = 2/3 \text{tg } \varphi = 0,38$

### **4.4. Peso proprio plinto**

Per il peso proprio blocco di fondazione consideriamo un peso specifico pari a  $24 \text{ kN/m}^3$ ; per ogni tipologia di palo è stato verificato un plinto di dimensione adatta alle azioni in gioco.

Posizione del baricentro:  $x_G = 0,00 \text{ m} \rightarrow$  Consideriamo il palo centrato sul plinto.

## 5. VERIFICHE DI STABILITÀ

### 5.1. Palo codice 4460

#### 5.1.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 4,0 m; sbraccio palo  $w = 0,00$  m; diametro medio  $d_m = 0,088$  m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2min} = 0,260 + 0,104 = 0,364 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 60x60x70h** che ha un peso pari a 6,05 kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{rib} = 0,260 * 2,00 + 0,104 * 4,00 - (0,27 + 0,25) * 0,30 = 0,79 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando  $\frac{1}{2}$  della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 0,60 * 0,60 * 0,70/2) = 3,402 \text{ kN}$$

$$M_{res} = (6,05 * 0,3 + 3,402 * 0,60/3) = 2,496 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

#### 5.1.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:  $\psi_{G1} = 0,9$ ; permanenti sfavorevole:  $\psi_{G1} = 1,1$

variabili favorevole:  $\psi_{Q1} = 0,0$ ; variabili sfavorevole:  $\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{ribTOT} = 1,5 * M_{rib} = 1,5 * 0,79 = 1,185 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 \quad M_{res} / M_{ribTOT} = 0,9 * 2,496 / 1,185 = \mathbf{1,896} > \mathbf{1,00} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

#### 5.1.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:  $\psi_{G1} = 1,0$  permanenti sfavorevole:  $\psi_{G1} = 1,0$

variabili favorevole:  $\psi_{Q1} = 0,0$  variabili sfavorevole:  $\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \quad \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \text{ tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 6,05 + 0,27 + 0,25 = 6,57 \text{ kN}$$

$$T = 0,26 + 0,104 = 0,364 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 6,57) / (1,25 * 1 / (0,364 * 1,3)) = \mathbf{4,221} > \mathbf{1,10}$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.

## 5.2. Palo codice 4560

### 5.2.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 5,0 m; sbraccio palo  $w = 0,00$  m; diametro medio  $d_m = 0,089$  m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2min} = 0,336 + 0,104 = 0,440 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 70x70x70h** che ha un peso pari a 8,232kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{rib} = 0,336 * 2,50 + 0,104 * 5,00 - (0,35 + 0,25) * 0,35 = 1,15 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando  $\frac{1}{2}$  della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 0,70 * 0,70 / 2) = 4,631 \text{ kN}$$

$$M_{res} = (8,232 * 0,35 + 4,631 * 0,70 / 3) = 3,962 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

### 5.2.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 0,9$ ;	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,1$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$ ;	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{ribTOT} = 1,5 * M_{rib} = 1,5 * 1,15 = 1,725 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 M_{res} / M_{ribTOT} = 0,9 * 3,962 / 1,725 = \mathbf{2,067 > 1,00} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

### 5.2.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \text{ tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 8,232 + 0,35 + 0,25 = 8,832 \text{ kN}$$

$$T = 0,336 + 0,104 = 0,44 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 8,832) / (1,25 * 1 / (0,44 * 1,3)) = \mathbf{4,694 > 1,10}$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.

### 5.3. Palo codice 4880

#### 5.3.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 8,0 m; sbraccio palo  $w = 0,00$  m; diametro medio  $d_m = 0,104$  m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2min} = 0,579 + 0,104 = 0,683 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 80x80x100h** che ha un peso pari a 15,36 kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{rib} = 0,579 * 4,50 + 0,104 * 8,00 - (0,66 + 0,25) * 0,40 = 3,074 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando  $\frac{1}{2}$  della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 0,80 * 0,80 * 1,0/2) = 8,640 \text{ kN}$$

$$M_{res} = (15,36 * 0,40 + 8,640 * 1,00/3) = 9,024 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

#### 5.3.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 0,9$ ;	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,1$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$ ;	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{ribTOT} = 1,5 * M_{rib} = 1,5 * 3,074 = 4,610 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 M_{res} / M_{ribTOT} = 0,9 * 9,024 / 4,610 = \mathbf{1,762 > 1,00} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

#### 5.3.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \text{ tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 15,36 + 0,66 + 0,25 = 16,27 \text{ kN}$$

$$T = 0,579 + 0,104 = 0,683 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 16,27) / (1,25 * 1 / (0,683 * 1,3)) = \mathbf{5,571 > 1,10}$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.



## 5.4. Palo codice 4980

### 5.4.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 9,0 m; sbraccio palo  $w = 0,00$  m; diametro medio  $d_m = 0,109$  m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2\min} = 0,683 + 0,104 = 0,787 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 90x90x100h** che ha un peso pari a 19,44 kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{\text{rib}} = 0,683 * 5,00 + 0,104 * 9,00 - (0,79 + 0,25) * 0,45 = 3,883 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando  $\frac{1}{2}$  della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 0,90 * 0,90 * 1,0/2) = 10,935 \text{ kN}$$

$$M_{\text{res}} = (19,44 * 0,45 + 10,935 * 1,0/3) = 12,39 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

### 5.4.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 0,9$ ;	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,1$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$ ;	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{\text{ribTOT}} = 1,5 * M_{\text{rib}} = 1,5 * 3,883 = 5,825 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 M_{\text{res}} / M_{\text{ribTOT}} = 0,9 * 12,393 / 5,825 = \mathbf{1,915 > 1,00} \quad \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

### 5.4.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \quad \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \quad \text{tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 19,44 + 0,79 + 0,25 = 20,47 \text{ kN}$$

$$T = 0,683 + 0,104 = 0,787 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 20,47) / (1,25 * 1 / (0,787 * 1,3)) = \mathbf{6,082 > 1,10}$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.

## 5.5. Palo codice 41080

### 5.5.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 10,0 m; sbraccio palo  $w = 0,00$  m; diametro medio  $d_m = 0,114$  m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2min} = 0,787 + 0,104 = 0,891 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 100x100x100h** che ha un peso pari a 24,00 kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{rib} = 0,787 * 5,50 + 0,104 * 10,00 - (0,93 + 0,25) * 0,50 = 4,779 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando  $\frac{1}{2}$  della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 1,00 * 1,00 * 1,0/2) = 13,50 \text{ kN}$$

$$M_{res} = (24,00 * 0,50 + 13,50 * 1,0/3) = 16,50 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

### 5.5.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 0,9$ ;	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,1$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$ ;	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{ribTOT} = 1,5 * M_{rib} = 1,5 * 4,778 = 7,169 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 M_{res} / M_{ribTOT} = 0,9 * 16,50 / 7,169 = \mathbf{2,071} > \mathbf{1,00} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

### 5.5.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \text{ tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 24,00 + 0,93 + 0,25 = 25,18 \text{ kN}$$

$$T = 0,787 + 0,104 = 0,891 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 25,18) / (1,25 * 1 / (0,891 * 1,3)) = \mathbf{6,609} > \mathbf{1,10}$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.

## 6. CONCLUSIONI

I plinti in esame con le dimensioni adatte alla tipologia di palo utilizzato sono stati verificati per sostenere pali di illuminazione di varia altezza ; in sommità è stata considerata la presenza di un corpo illuminante tipo testa palo, (le linee non sono aeree ma interne al palo stesso); il carico del vento è riferito ad una località situata in zona 1 (Lombardia), altitudine del sito < 1.000 m s.l.m. e distanza dal mare > 10km.

Per altezze e sbracci maggiori, e carichi del vento diversi occorre fare una verifica specifica di stabilità.

Per quanto riguarda le pressioni massime del plinto sul terreno si hanno i seguenti valori:

- Palo codice 4460

$$M = 1,185 \text{ kNm} \quad e = M / N = 1,185 / 6,57 = 0,180 \text{ m}$$

$$u = 0,60 / 2 - 0,18 = 0,120 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 6,57 / (2 * 0,12 * 0,60) = 45,625 \text{ kNm}^2$$

- Palo codice 4560

$$M = 1,725 \text{ kNm} \quad e = M / N = 1,725 / 8,832 = 0,195 \text{ m}$$

$$u = 0,70 / 2 - 0,195 = 0,155 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 8,832 / (2 * 0,155 * 0,70) = 40,700 \text{ kNm}^2$$

- Palo codice 4880

$$M = 4,610 \text{ kNm} \quad e = M / N = 4,610 / 16,27 = 0,283 \text{ m}$$

$$u = 0,80 / 2 - 0,283 = 0,117 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 16,27 / (2 * 0,117 * 0,80) = 86,812 \text{ kNm}^2$$

- Palo codice 4980

$$M = 5,825 \text{ kNm} \quad e = M / N = 5,825 / 20,47 = 0,285 \text{ m}$$

$$u = 0,90 / 2 - 0,285 = 0,165 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 20,47 / (2 * 0,165 * 0,90) = 68,923 \text{ kNm}^2$$

- Palo codice 41080

$$M = 7,169 \text{ kNm} \quad e = M / N = 7,169 / 25,18 = 0,285 \text{ m}$$

$$u = 1,00 / 2 - 0,285 = 0,215 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 25,18 / (2 * 0,215 * 1,00) = 58,558 \text{ kNm}^2$$

I valori trovati sono accettabili anche per terreni di tipo vegetale consistente.

In ogni caso nella posa in opera è consigliabile realizzare un sottofondo di spessore min. 10cm di calcestruzzo magro, necessario alla ripartizione dei carichi su tutta la superficie di appoggio.