



Città di Palermo

**Assessorato della Rigenerazione
Urbana e delle OO.PP.**

Settore OO.PP.

**Servizio Infrastrutture e
Servizi a rete**

**Dirigente Capo Settore:
Dott. Maurizio Pedicone**

**RUP.:
Ing. Roberto Cairone**

**Coord. della Progettazione:
Ing. Margherita Di Lorenzo
Del Casale**

**Coord. per la Sicurezza in
fase di Progettazione:
Arch. Fabio Cittati**

Palermo aprile 2021



GRUPPO TECNICO DEL SERVIZIO INFRASTRUTTURE E SERVIZI A RETE

SUPPORTO AL RUP:
Ing. Roberto Cairone
Coll. Amm. Ugo De Castro
Coll. Amm. Fausto Rizzo
Geom. Luigi D'Agostino

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
Ing. Margherita Di Lorenzo Del Casale
Arch. Giacomo Cabasino
Geom. Natale Schiera
Geom. Arch. Fabio Cittati

VISTI

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020

Progetto AU_PA_4.1.3.a

**“Adozione soluzioni tecnologiche per
la riduzione dei consumi energetici
delle reti di pubblica illuminazione
con sistemi automatici di regolazione
- Efficientamento impianti di pubblica
illuminazione della zona nord della
città di Palermo”**

**TAV.
B3**

**Verifiche Statiche
dei sostegni**

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

1. Descrizione Generale dell’opera.....	2
2 Normativa di Riferimento	2
3 Caratteristiche dei materiali	3
4 Azioni di Progetto.....	3
4.1 Carichi permanenti.....	4
4.2 Azione del vento	4
4.3 Azione sismica.....	6
5 Verifiche di Sicurezza.....	8
5.1 Verifiche di sicurezza per carichi non sismici	8

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

1. Descrizione Generale dell’opera

Sono oggetto della presente relazione le verifiche del sistema costituito da un palo tronco conico diritto e dal suo relativo blocco di ancoraggio. Il palo è realizzato in lamiera di acciaio zincata S235JR (equival. Fe360B secondo UNI EN 10025).

Il palo ha una sezione circolare di diametro alla base ed alla sommità riportate nella tabella che segue, in cui è indicato anche lo spessore della lamiera in mm e l’altezza complessiva in m.

<i>altezza totale palo (m)</i>	<i>altezza fuori terra (m)</i>	<i>diametro in sommità (mm)</i>	<i>diametro in testa (mm)</i>	<i>spessore (mm)</i>	<i>dimensioni fondazione (m)</i>
5,50	5,00	115	60	3	0,70*0,70*0,70
6,80	6,00	128	60	4	0,80*0,80*0,80
7,80	7,00	138	60	4	0,80*0,80*0,80
8,80	8,00	148	60	4	0,90*0,90*0,90
9,80	9,00	158	60	4	0,90*0,90*1,00
10,80	10,00	168	60	4	1,00*1,00*1,00
11,80	11,00	178	60	4	1,00*1,00*1,00

Nella maggior parte dei casi, il corpo illuminante a led è collegato direttamente testa palo; in altri il palo sostiene in sommità un braccio singolo della lunghezza di 1,00 m ovvero un braccio doppio della lunghezza di 2,00 m, ai quali saranno appesi i relativi corpi illuminanti, per i quali si stima un peso pari a 8 daN e superficie esposta al vento di 0,079 m².

Il calcolo è stato eseguito considerando la condizione più gravosa, che è quella di motaggio degli apparecchi su braccio da 2,00 m.

Il blocco di ancoraggio è un plinto in c.a. di forma cubica a base quadrata di lato ed altezza variabile in funzione dell’altezza del palo (vd. tabella sopra).

2 Normativa di Riferimento

Le verifiche sono state condotte secondo quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018 “*Aggiornamento*

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» (G.U. Serie Generale n. 42 del 20.02.2018 – Suppl. Ordinario n. 8)” e della Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. “Istruzioni per l'aggiornamento delle N.T.C. di cui al d.m. 17/01/2018”; per il calcolo dell'azione del vento è stato fatto riferimento alla CNR-DT207 R1/2018 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”.

3 Caratteristiche dei materiali

I materiali presenti in progetto rispettano le caratteristiche meccaniche e di resistenza riportate in seguito:

LEGANTI: Idraulici, previsti dalla Legge 26/05/1965, n. 595 e norme armonizzate della serie EN 197 ed EN 15368

AGGREGATI: Conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 12620

ADDITIVI: Conformi alla parte armonizzata della norma europea EN 934-2

ACQUA: Conforme alla norma UNI EN 1008

ACCIAIO PER PALO: S235JR

Il conglomerato cementizio da impiegarsi nelle strutture dei lavori in epigrafe sarà dosato in modo tale da garantire una classe C16/20.

Le altre caratteristiche del conglomerato cementizio, conformi alla norma EN 206 ultime vigenti, sono riportate di seguito:

CLASSE DI ESPOSIZIONE: XC2

RAPPORTO ACQUA CEMENTO: < 0,60

CLASSE DI CONSISTENZA DEL CALCESTRUZZO S4

AGGREGATI D < 30 mm

CONTENUTO DI CEMENTO > 300 daN/m³

Circa le altre prescrizioni esecutive si richiamano le disposizioni di cui al D.M.17/01/2018

4 Azioni di Progetto

Le azioni di progetto considerate per la verifica dell'opera in oggetto sono:

- carichi permanenti (pesi propri dei materiali strutturali, carichi permanenti non strutturali)

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

- azione del vento
- azione sismica

Di seguito si riportano nel dettaglio le valutazioni numeriche delle azioni considerate.

4.1 Carichi permanenti

I carichi permanenti da considerare nelle verifiche di resistenza e stabilità sono rappresentati dai pesi propri degli elementi strutturali e non strutturali.

4.2 Azione del vento

Il vento esercita una duplice azione sull'elemento in esame:

- un'azione concentrata, agente sulla sommità del palo, causata dalla pressione esercitata dal vento sull'apparecchio illuminante;
- un'azione distribuita, agente lungo tutto lo sviluppo del palo, causata dalla pressione esercitata dal vento sulla superficie del palo stesso.

Per determinare l'entità delle due azioni suddette si è fatto riferimento alle norme CNR-DT207 R1/2018 *“Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”*.

In particolare, il calcolo è stato effettuato secondo i punti seguenti:

- valutazione della velocità e della pressione cinetica del vento (par. 3.2 della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione concentrata del vento sulla sommità del palo (par. 3.3.3 e G.7/Allegato G della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione distribuita del vento lungo lo sviluppo del palo (par. 3.3.4 e G.10/Allegato G della norma di riferimento).

Valutazione della velocità e della pressione cinetica del vento

La velocità base di riferimento (v_b) è in funzione della posizione geografica e dell'altitudine sul livello del mare del sito di costruzione. In particolare, il sito ricade in zona 4 ed è stata posta un'altitudine media di 15 m s.l.m.

La velocità di riferimento di progetto è assunta per un tempo di ritorno di 50 anni da cui è stata determinata la categoria di esposizione del sito.

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

Sono stati valutati il coefficiente di topografia, il coefficiente di esposizione e il coefficiente aerodinamico, tramite i quali è stato possibile determinare la pressione cinetica di picco.

Si riporta di seguito il dettaglio di tali calcoli:

Altitudine del sito	$a_s = 15 \text{ m}$
Altezza del palo (fuori terra)	$H = \text{varia m (a seconda del palo)}$
Zona	Sicilia: Zona 4
Velocità base di riferimento s.l.m.	$v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$
Parametro Tab. 3.3.I	$a_0 = 500 \text{ m}$
Parametro Tab. 3.3.I	$k_s = 0,36 \text{ s}^{-1}$
Coefficiente di altitudine:	$c_a = 1$
Velocità base di riferimento (TR=50 anni)	$v_b = c_a * v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$
Classe di rugosità del terreno (Tab. 3.3.III)	C
Distanza dalla costa	$d_s = 0 < d < 10 \text{ km}$
Categoria di esposizione del sito (Fig.3.3)	II
Coefficiente Tab. 3.3.II	$k_r = 0,19$
Coefficiente Tab. 3.3.II	$z_0 = 0,05 \text{ m}$
Coefficiente Tab. 3.3.II	$z_{min} = 4 \text{ m}$
Coefficiente di topografia	$c_t = 1$
Coefficiente di esposizione	$c_e = \text{vario (a seconda del palo)}$
Coefficiente di pressione sul palo cilindrico	$c_p = 1,2$
Coefficiente di pressione sull'equipaggiamento	$c_p = 1,8$
Coefficiente aerodinamico	$c_d = 1$
Pressione cinetica dell'aria	$\rho = 49 \text{ daN/m}^2$
Pressione cinetica di picco	$q_p = (1/2) * \rho * v_b^2 * c_e * c_d = \text{varia N/m}^2$

Nelle tabelle allegate sono riportati i calcoli delle azioni concentrate del vento sulla sommità del palo (equipaggiamento) e lungo lo sviluppo del palo (lungo il fusto) utilizzando le formule ed i coefficienti di forza indicati nelle norme sopra citate.

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

4.3 Azione sismica

Periodo di riferimento per l'azione sismica

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La costruzione in oggetto è una struttura ordinaria quindi si assume $V_N \geq 50$ anni.

La costruzione in oggetto è una struttura di “Classe III”, così definita:

Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N * C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso.

Si ottiene quindi: $V_R = V_N * C_U = 50 * 1,5 = 75$ anni

AZIONE SISMICA (p.to C.7.3.3.2 della Circolare 617/2019 delle NTC)

L'azione sismica sul palo di illuminazione è stata considerata mediante l'applicazione di una forza statica equivalente alla forza indotta dall'azione sismica, in sommità del palo.

Il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame (T_1) è stato valutato utilizzando la seguente formula:

$$T_1 = C_1 * H^{3/4} \quad [C7.3.2]$$

dove H è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione e C_1 è pari a 0,050 nel caso in esame.

Noto il periodo del primo modo di vibrare, espresso in secondi, l'entità della forza sismica si ottiene dall'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo T_1 e la sua distribuzione sulla struttura segue la forma del modo di vibrare principale nella direzione in esame, valutata in modo approssimato.

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

La forza da applicare in sommità del palo è pari a:

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g \quad [7.3.7]$$

dove $S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto, W è il peso complessivo della struttura, λ è un coefficiente pari a 1 nel caso in esame, e g è l'accelerazione di gravità.

Nel caso in esame è stato considerato lo stato limite SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita). Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

Si è assunto un suolo di fondazione appartenente alla categoria C e dato che il palo dell'illuminazione si trova in zona pianeggiante, ricade nella categoria T1.

Per la determinazione dell'azione sismica le coordinate dell'ubicazione dell'opera in oggetto sono: latitudine 38.1210 e longitudine 13.3530; con tali valori si ricavano, per lo stato limite SLV, i seguenti parametri:

$C_1 =$	0.05
$H =$	5 ÷ 11 m
$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4} =$	0.167 ÷ 0.302 s
$T^*_c =$	0.298 s
$C_c =$	1,566
$F_0 =$	2.399
$a_g / g =$	0,203
$S_T =$	1,00
$S_S =$	1,408
$S = S_T \cdot S_S =$	1,408
$T_C =$	0,467
$T_D =$	2,412
verifica $T_1 < 2,5 \cdot C_c \cdot T^*_c =$	1,166 verificato
verifica $T_1 < T_D =$	2,412 verificato

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

$q=$	1,00
$S_d(T1)=ag*S*F0*(TC/T)/q=$	$1,91 \div 1,06$
$W=$	$37 \div 141 \text{ daN}$
$\lambda=$	1,00
$q=$	1,00
$\lambda=$	1,00
$F_h=S_d(T1)*W*\lambda/g=$	$7,22 \div 15,24 \text{ daN}$

Dai precedenti calcoli e dai calcoli relativi all'azione del vento si evince come le azioni dovute al sisma siano nettamente inferiori rispetto a quelle dovute al vento, per cui le relative verifiche di sicurezza sono state condotte unicamente per le azioni legate a quest'ultimo.

5 Verifiche di Sicurezza

Lo schema di calcolo adottato per la valutazione delle sollecitazioni è quello di una mensola, di lunghezza pari all'altezza del palo. Il blocco di fondazione è stato dimensionato con le massime sollecitazioni derivanti dal palo sovrastante. Per il calcolo delle strutture si è utilizzato il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

5.1 Verifiche di sicurezza per carichi non sismici

Le verifiche per i carichi non sismici vengono eseguite allo stato limite ultimo, mediante il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sulle resistenze secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018.

AZIONI DI CALCOLO:

Le azioni di calcolo E_d si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo la seguente formula di correlazione:

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \gamma_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \gamma_{03} * Q_{k3} + \dots$$

dove:

G_1 rappresenta il valore caratteristico del peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

G_2 rappresenta il valore caratteristico del peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P rappresenta il valore di pretensione;

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

Qk1 rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile dominante di ogni combinazione;

Qki rappresenta il valori caratteristico della i-esima azione variabile;

γ_{G1} , γ_{G2} , γ_{Qi} e γ_P rappresentano i coefficienti parziali di sicurezza, che assumono i valori riportati nella Tabella 2.6.I delle NTC 2018.

Per il palo di illuminazione è stata effettuata l'unica verifica ritenuta significativa, ossia la verifica di stabilità flessionale, la verifica a flessione e taglio ed il calcolo dello spostamento in sommità (SLE).

Per quanto riguarda il blocco di fondazione sono state effettuate le seguenti verifiche:

verifica a ribaltamento (EQU)

verifica a scorrimento (GEO)

verifica di capacità portante del terreno (GEO)

Nelle verifiche strutturali le azioni sono state moltiplicate per i coefficienti parziali di tipo STR.

Per la verifica a ribaltamento (Stato Limite di Equilibrio come corpo rigido), il momento ribaltante e quello stabilizzante sono stati calcolati sulla base dei carichi agenti moltiplicati per i coefficienti parziali di tipo EQU.

Le verifiche a scorrimento e di capacità portante (verifiche di tipo Geotecnico) sono state condotte secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Tutte le verifiche effettuate hanno riportato esito positivo.

Il palo verrà inserito nel foro predisposto nel blocco di fondazione. Gli interstizi adiacenti saranno riempiti di sabbia costipata, al fine di non consentire alcun movimento al palo.

Si procede ad effettuare una verifica del tipo a “rifollamento” sul calcestruzzo adiacente al palo, soggetto alla sollecitazione di taglio proveniente dall'azione orizzontale del vento.

La resistenza a rottura a compressione del calcestruzzo vale

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * 163 / 1,5 = 92,37 \text{ daN/cm}^2$$

Detta V_d la sollecitazione di taglio proveniente dal palo (vedi calcoli statici dei pali), d il diametro del palo alla base e p la profondità di infissione nel blocco, la sollecitazione a compressione del calcestruzzo vale:

$$V_d / (\pi * d/2 * p)$$

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

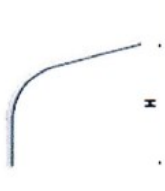
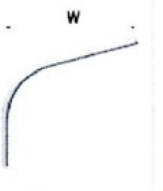

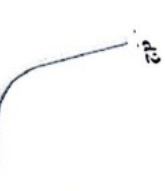


Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

Si riportano nella seguente tabella i calcoli eseguiti per le varie tipologie di palo, dai quali si evince come la sollecitazione a compressione sul calcestruzzo dei blocchi di fondazione sia assolutamente trascurabile.

$H \text{ palo}$ (m)	Vd (daN)	d (cm)	p (cm)	$Vd/(\pi \cdot d/2 \cdot p)$ (daN/cmq)	fcd (daN/cmq)
5	66,5	11,5	50	0,074	92,37
6	80,5	12,8	80	0,050	92,37
7	94,1	13,8	80	0,054	92,37
8	107	14,8	80	0,058	92,37
9	118,9	15,8	80	0,060	92,37
10	131,9	16,8	80	0,063	92,37
11	147,5	17,8	80	0,066	92,37

5.2 Verifiche bracci a parete

I bracci a parete saranno ricavati da tubo saldato in acciaio S235JR secondo UNI 10024, diametro 60 mm e spessore 3 mm, curvati a freddo con raggio mm 600 e zincati a caldo in conformità alla norma UNI EN ISO 1461.

						
TIPO	mm	mm	mm	mm	inclinazione	kg
S 11	1000	1000	60	60	15°	7

Saranno saldati ad una estremità ad una piastra in acciaio delle dimensioni di 200 * 180 mm, ancorata alla parete dell'edificio o del muro tramite quattro bulloni M12 in acciaio classe 8.8.

Considerato che i bracci saranno collocati ad una altezza variabile tra i 5 m ed i 6 m dal piano stradale, la sollecitazione del vento cui saranno sottoposti è identica a quella del corpo illuminante montato su braccio a palo di pari altezza.

Tale sollecitazione è maggiore per il palo da 6 metri ed è pari a circa 16 daN. Il peso del braccio è pari a circa 10 daN. Tali sollecitazioni sono assolutamente trascurabili in considerazione delle

Comune di Palermo
Area Tecnica della Rigenerazione Urbana e delle Opere Pubbliche
Ufficio Infrastrutture e Servizi a Rete

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.a – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione
Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della zona Nord della città di Palermo”

dimensioni della piastra e dei bulloni previsti. Si omette, pertanto, la relativa verifica.

Per ogni dettaglio si rinvia alla TAV 6 *Particolari costruttivi*.

Il Coordinatore del gruppo di progettazione

Ing. Margherita Di Lorenzo del Casale

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm²)

(Acciaio S235)

ft

fy

E

360

235

210000

Dimensioni (mm)

D base

D sommità

D sez inc.

H tot

H f.t.

Sp. Base

Sp. Somm

αr

PALO

115

60

110,0

5500

5000

3,00

3,00

89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)

Peso

I

W

A

β

i_{min}

λ

(riferite alla sez. di incastro)

344

1444354

26261

1008

2

38

264

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

		Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
Proiettori/Armature:	<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

		Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
Operatori	<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	1,67	2,50	5,00	5	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,330	1,541	1,929	1,929	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8

z (m)	1,67	2,50	5,00	5,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,104	0,100	0,088	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	652	755	945	945	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	1,084	1,060	1,075	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207 R1/2018 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.19)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali f_x e f_y e un momento torcente m_z , per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_x(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fx}$$

$$f_y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fy}$$

$$m_z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mz}$$

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali

allungati G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	1,67	2,50	5,00	5,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,104	0,100	0,0875	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,833	0,875	0,875	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,312	24,500	24,500	Velocità media CNR DT 207 R1/2018 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	1,62E+05	1,55E+05	1,43E+05	0,00E+00	CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,92E-03	2,00E-03	2,29E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfxo	0,7480	0,7480	0,7538	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **Cfy0=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	1,67	2,50	5,00	5,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,104	0,100	0,088	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	1,667	0,833	2,500	0,000	Altezza di calcolo elemento
p (z)	528,258	598,887	766,410	0,000	N/mq
q (z)	55,027	59,889	67,061	0,000	N/m
Fv(z)	91,711	49,907	167,652	0,000	N
b(z)	0,833	2,083	3,750	0,000	m braccio della Fv rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	Aeq (mq)	Ce(z)	p (z)	Fv(z)	b(z) m
	5000	0,079	1,93	1701,66	134,02	5,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd	Md,wp	Md,we	Md,e	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	352	443	809	670	0
		528	665	1214	1005	0

caratt. SLU

$\gamma_{Gp} = 1,50$

$\gamma_{Ge} = 1,50$

Md,wp / Md,we momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

Md,e momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk} (S355) =$	235	N/mm ²	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\epsilon =$	1,00
$f_{yd} =$	224	N/mm ²	$\gamma_{M1} =$	1,10		
$G =$	76923	N/mm ²	$\beta =$	2		

L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	ix=iy	λ
mm	mm	mm	mm ²	mm ⁴	mm ³		mm	
PALO 5000	115	3,00	1055,58	1656329	28806	I	39,61	252,45

Ncr	Jt	ψ	Mcr	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
N	mm ⁴		N.m					
PALO 34329	1398307	1,75	212682	2,62	0,18	0,76	3,86	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md		Md/Mb,Rd
	N.m	N.m		
PALO	6154	2219		0,36 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}	Vd	Md
	mmq	N	N		N.m	Vc,Rd	Mc,R _{red}
PALO	672	86833	665	0,97	6447	OK	OK
						0,01	0,34

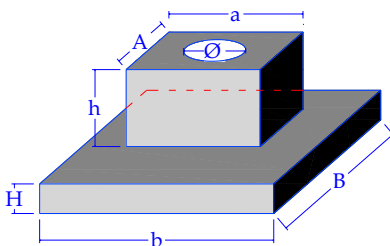
5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

$F_R =$	443	N	$f_{\max} =$	43,37	mm
$bF_R =$	3,337	m			
$J_{med} =$	1053384	mm ⁴	$f_{\max} / H_{ft} =$	0,009	pari a 1/115 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera Rck = 16 N/mm² $\gamma_{cls} = 24000$ N/mc

Dimensioni (mm) :	L	B	H	H infiss	e(x)	e(y)
	700	700	700	500	0	0
Pp (N)	8067					
V plinto (mc)	0,34					
ϕ (mm) =	132,25					
h (mm) =	0					
A y (mm) =	0					
a x (mm) =	0					



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	qlim,terr	Rd,t
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,12	0,05

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

qlim,terr calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

Nq	Nc	N γ
7,07	15,81	6,20
sq	sc	s γ
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO	-0,70	352	443	1789
		457	576	2326
				caratt. SLU
				Nd,p = Nd
				Md,p = M _{wp} + M _{we} + M _e + Vd . H _{plinto} + Nd . e x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Mrib = Md,p =	2326	N.m
Mstab =	2652	N.m
		Mstab = (Nd + Pp) . L/2

Mrib / Mstab

0,88
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,38	$F_{sc} = V_d =$	576	N
coeff. Attrito = $\tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot coes / \gamma M2$		$F_{stab} =$	3232	N
				$F_{stab} = (Nd + Pp) . \mu$

Fsc / Fstab

0,18
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	176	mm	q _{dt} =	0,046	N/mm ²	q _{dt} = 2.(Nd + Pp)/(b* . B)
e = L/2 - u =	174	mm				
bf = L con bf/6 =	117		con bf* = 3 . (L/2 - e) =	529	mm	
						bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / Rd,t

0,89
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	128	60	120,0	6800	6000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	604	2454765	40913	1458	2	41	292

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt. riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	2,00	3,00	6,00	6	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,423	1,640	2,037	2,037	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8

z (m)	2,00	3,00	6,00	6,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,114	0,109	0,094	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	697	804	998	998	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,991	0,970	1,002	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207 R1/2018 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.19)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali fX e fY e un momento torcente mZ, per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{FX}$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{FY}$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ}$$

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali

allungati G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	2,00	3,00	6,00	6,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,114	0,109	0,094	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,833	0,910	0,910	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,312	25,469	25,469	Velocità media CNR DT 207 R1/2018 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	1,77E+05	1,69E+05	1,60E+05	0,00E+00	CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,75E-03	1,83E-03	2,13E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza CfXo	0,7481	0,7481	0,7582	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	2,00	3,00	6,00	6,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,114	0,109	0,094	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	2,000	1,000	3,000	0,000	Altezza di calcolo elemento
$p(z)$	517,165	583,275	758,289	0,000	N/mq
$q(z)$	58,957	63,577	71,279	0,000	N/m
$F_v(z)$	117,914	63,577	213,837	0,000	N
$b(z)$	1,000	2,500	4,500	0,000	m braccio della F_v rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	A_{eq} (mq)	$C_e(z)$	$p(z)$	$F_v(z)$	$b(z)$ m
	6000	0,079	2,04	1796,82	141,51	6,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

	Quota z Sezione Verifica	N_d	V_d	$M_{d,wp}$	$M_{d,we}$	$M_{d,e}$	
	[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	612	537	1239	849	0	caratt. SLU
		918	805	1859	1274	0	

$$\gamma_{Gp} = 1,50$$

$$\gamma_{Ge} = 1,50$$

$M_{d,wp}$ / $M_{d,we}$ momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

$M_{d,e}$ momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$$f_{yk}(S355) = \begin{matrix} 235 \\ 224 \\ 76923 \end{matrix} \begin{matrix} N/mm^2 \\ N/mm^2 \\ N/mm^2 \end{matrix}$$

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

$$\beta = 2$$

$$\varepsilon = 1,00$$

PALO	L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	$i_x=i_y$	λ
	mm	mm	mm	mmq	mm ⁴	mm ³		mm	
	6000	128	4,00	1558,23	2998034	46844	I	43,86	273,58

PALO	N_{cr}	J_t	ψ	M_{cr}	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
	N	mm ⁴		N.m					
	43151	2784306	1,75	336473	2,84	0,18	0,76	4,46	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md		Md/Mb,Rd
	N.m	N.m		
PALO	10008	3132		0,31 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}	Vd	Md
	mmq	N	N		N.m	Vc,Rd	Mc,R _{red}
PALO	992	128183	805	0,98	10484	0,01	0,30

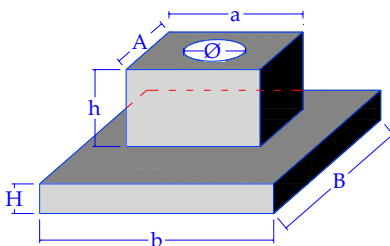
5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

$F_R =$	537	N	$f_{\max} =$	70,82	mm
$bF_R =$	3,890	m			
$J_{med} =$	1284384	mm ⁴	$f_{\max} / H_{ft} =$	0,012	pari a 1/85 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera $R_{ck} = 16$ N/mm² $\gamma_{cls} = 24000$ N/mc

Dimensioni (mm) :	L	B	H	H infiss	e(x)	e(y)
	800	800	800	800	0	0
P_p (N)						
11961						
V plinto (mc)						
0,50						
ϕ (mm) =	147,2					
h (mm) =	0					
A_y (mm) =	0					
a_x (mm) =	0					



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	$q_{lim,terr}$	$R_{d,t}$
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,14	0,06

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

$q_{lim,terr}$ calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

Nq	Nc	N_γ
7,07	15,81	6,20
sq	sc	s_γ
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

	Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
	[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO	-0,80	612	537	2518	caratt.
		795	698	3273	SLU

$N_{d,p} = N_d$
 $M_{d,p} = M_{wp} + M_{we} + M_{e} + V_d \cdot H_{plinto} + N_d \cdot e_x$

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

$M_{rib} = M_{d,p} =$	3273	N.m
$M_{stab} =$	4526	N.m

$M_{stab} = (N_d + P_p) \cdot L/2$

M_{rib} / M_{stab}

0,72
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,38	$F_{sc} = V_d =$	698	N
$coeff. Attrito = \tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot coes / \gamma M2$		$F_{stab} =$	4826	N

$F_{stab} = (N_d + P_p) \cdot \mu$

F_{sc} / F_{stab}

0,14
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

$u =$	256	mm	$q_{dt} =$	0,042	N/mm ²	$q_{dt} = 2 \cdot (N_d + P_p) / (b^* \cdot B)$
$e = L/2 - u =$	144	mm				
$bf = L \text{ con } bf/6 =$	133		$con \ bf^* = 3 \cdot (L/2 - e) =$	768	mm	

$bf/6 < e < bf/2$

$q_{dt} / R_{d,t}$

0,70
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	138	60	130,0	7800	7000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	731	3145350	48390	1583	2	45	314

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt. riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	2,33	3,50	7,00	7	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,504	1,725	2,130	2,130	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8

z (m)	2,33	3,50	7,00	7,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,122	0,117	0,099	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	737	845	1044	1044	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,909	0,892	0,942	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207 R1/2018 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.19)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali f_x e f_y e un momento torcente m_z , per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_x(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fx}$$

$$f_y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fy}$$

$$m_z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mz}$$

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali

allungati G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	2,33	3,50	7,00	7,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,122	0,117	0,099	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,833	0,939	0,939	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,312	26,290	26,290	Velocità media CNR DT 207 R1/2018 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	1,90E+05	1,81E+05	1,74E+05	0,00E+00	CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,63E-03	1,72E-03	2,02E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfxo	0,7481	0,7481	0,7616	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **Cfy0=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	2,33	3,50	7,00	7,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,122	0,117	0,099	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	2,333	1,167	3,500	0,000	Altezza di calcolo elemento
$p(z)$	501,527	564,195	748,682	0,000	N/mq
$q(z)$	61,353	65,729	74,120	0,000	N/m
$F_v(z)$	143,158	76,683	259,418	0,000	N
$b(z)$	1,167	2,917	5,250	0,000	m braccio della F_v rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	A_{eq} (mq)	$C_e(z)$	$p(z)$	$F_v(z)$	$b(z)$ m
	7000	0,079	2,13	1878,93	147,98	7,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica	N_d	V_d	$M_{d,wp}$	$M_{d,we}$	$M_{d,e}$	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	739	627	1753	1036	caratt.
		1108	941	2629	1554	SLU

$\gamma_{Gp} = 1,50$
 $\gamma_{Ge} = 1,50$

$M_{d,wp}$ / $M_{d,we}$ momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

$M_{d,e}$ momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

f_{yk} (S355) =	235	N/mm ²	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\epsilon =$	1,00
$f_{yd} =$	224	N/mm ²	$\gamma_{M1} =$	1,10		
$G =$	76923	N/mm ²	$\beta =$	2		

PALO	L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	ix=iy	λ
	mm	mm	mm	mmq	mm^4	mm^3		mm	
	7000	138	4,00	1683.89	3782867	54824	I	47.40	295.38

PALO	Ncr	Jt	ψ	Mcr	$\bar{\lambda}$	λLT	αLT	φLT	χLT
	N	mm^4		N.m					
	40002	3747015	1,75	375821	3,07	0,19	0,76	5,13	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md		Md/Mb,Rd
	N.m	N.m		
PALO	11712	4183		0,36 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}	Vd	Md
	mmq	N	N		N.m	Vc,Rd	Mc,R _{red}
PALO	1072	138520	941	0,97	12270	0,01 OK	0,34 OK

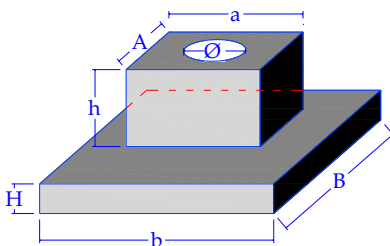
5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

$F_R =$	627	N	$f_{\max} =$	112,73	mm
$bF_R =$	4,446	m			
$J_{med} =$	1444835	mm ⁴	$f_{\max} / H_{ft} =$	0,016	pari a 1/62 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera $R_{ck} = 16$ N/mmq $\gamma_{cls} = 24000$ N/mc

Dimensioni (mm) :	L	B	H	H infiss	e(x)	e(y)
	800	800	800	800	0	0
Pp (N)	11908					
V plinto (mc)	0,50					
ϕ (mm) =	158,7					
h (mm) =	0					
A y (mm) =	0					
a x (mm) =	0					



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	qlim,terr	Rd,t
N/mc	°	rad	N/mq	N/mmq	N/mmq
16000	21	0,37	0,00	0,14	0,06

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

qlim,terr calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

Nq	Nc	N γ
7,29	16,13	6,46
sq	sc	s γ
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO	-0,80	739	627	3290
	961	815	4277	caratt. SLU

$Nd,p = Nd$
 $Md,p = M_{wp} + M_{we} + M_{e} + Vd \cdot H_{plinto} + Nd \cdot e_x$

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

$M_{rib} = Md,p =$	4277	N.m
$M_{stab} =$	4553	N.m

$M_{stab} = (Nd + Pp) \cdot L/2$

M_{rib} / M_{stab}

0,94
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,39	$F_{sc} = Vd =$	815	N
coeff. Attrito = $\tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot coes / \gamma M2$		$F_{stab} =$	4931	N

$F_{stab} = (Nd + Pp) \cdot \mu$

F_{sc} / F_{stab}

0,17
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

$u =$	179	mm	$q_{dt} =$	0,060	N/mmq	$q_{dt} = 2 \cdot (Nd + Pp) / (b \cdot B)$
$e = L/2 - u =$	221	mm				
$bf = L \text{ con } bf/6 =$	133		$\text{con } bf^* = 3 \cdot (L/2 - e) =$	536	mm	

$bf/6 < e < bf/2$

$q_{dt} / R_{d,t}$

0,98
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	148	60	140,0	8800	8000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	868	3954687	56496	1709	2	48	333

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	2,67	4,00	8,00	8	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,576	1,801	2,212	2,212	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8

z (m)	2,67	4,00	8,00	8,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,131	0,124	0,104	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	772	882	1084	1084	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,828	0,814	0,882	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207 R1/2018 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.19)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali f_x e f_y e un momento torcente m_z , per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_x(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fx}$$

$$f_y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fy}$$

$$m_z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mz}$$

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali

allungati G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	2,67	4,00	8,00	8,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,131	0,124	0,104	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,833	0,964	0,964	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,312	27,000	27,000	Velocità media CNR DT 207 R1/2018 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	2,03E+05	1,93E+05	1,87E+05	0,00E+00	CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,53E-03	1,61E-03	1,92E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfXo	0,7481	0,7481	0,7643	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	2,67	4,00	8,00	8,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,131	0,124	0,104	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	2,667	1,333	4,000	0,000	Altezza di calcolo elemento
p (z)	478,345	537,485	731,129	0,000	N/mq
q (z)	62,504	66,648	76,037	0,000	N/m
Fv(z)	166,677	88,864	304,149	0,000	N
b(z)	1,333	3,333	6,000	0,000	m braccio della Fv rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	Aeq (mq)	Ce(z)	p (z)	Fv(z)	b(z) m
	8000	0,079	2,21	1951,28	153,68	8,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd	Md,wp	Md,we	Md,e	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	876	713	2343	1229	0
		1314	1070	3515	1844	0

caratt. SLU

$\gamma_{Gp} = 1,50$

$\gamma_{Ge} = 1,50$

Md,wp / Md,we momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

Md,e momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk} (S355) = \begin{matrix} 235 \\ 224 \\ 76923 \end{matrix} \begin{matrix} N/mm^2 \\ N/mm^2 \\ N/mm^2 \end{matrix}$
 $\gamma_{M0} = 1,05$
 $\gamma_{M1} = 1,10$
 $\beta = 2$
 $\epsilon = 1,00$

	L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	ix=iy	λ
	mm	mm	mm	mmq	mm ⁴	mm ³		mm	
PALO	8000	148	4,00	1809,56	4693992	63432	I	50,93	314,15

	Ncr	Jt	ψ	Mcr	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
	N	mm ⁴		N.m					
PALO	38003	4909530	1,75	419302	3,26	0,19	0,76	5,75	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md		Md/Mb,Rd
	N.m	N.m		
PALO	13551	5359		0,40 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}	Vd	Md
	mmq	N	N		N.m	Vc,Rd	Mc,R _{red}
PALO	1152	148857	1070	0,97	14197	0,01 OK	0,38 OK

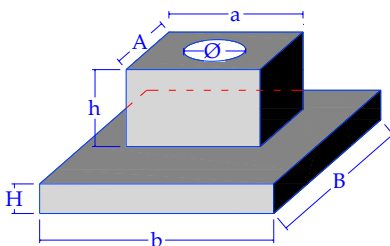
5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

$F_R =$	713	N	$f_{\max} =$	164,60	mm
$bF_R =$	5,008	m			
$J_{med} =$	1638588	mm ⁴	$f_{\max} / H_{ft} =$	0,021	pari a 1/49 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera $R_{ck} = 16$ N/mm² $\gamma_{cls} = 24000$ N/mc

Dimensioni (mm) :	L	B	H	H infiss	e(x)	e(y)
	900	900	900	800	0	0
Pp (N)	17059					
V plinto (mc)	0,71					
ϕ (mm) =	170,2					
h (mm) =	0					
A y (mm) =	0					
a x (mm) =	0					



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,15	0,07

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

Nq	Nc	N _γ
7,07	15,81	6,20
sq	sc	s _γ
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO	-0,90	876	713	4215
		1139	927	5479
				caratt. SLU

Nd,p = Nd
Md,p = M_{w,p} + M_{w,e} + M_e + Vd . H_{plinto} + Nd . e_x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M _{rib} = Md,p =	5479	N.m
M _{stab} =	7264	N.m

M_{stab} = (Nd + Pp) . L/2

M_{rib} / M_{stab}

0,75
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,38		F _{sc} = Vd =	927	N
coeff. Attrito = $\tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot \text{coes} / \gamma M2$			F _{stab} =	6885	N

F_{stab} = (Nd + Pp) . μ

F_{sc} / F_{stab}

0,13
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	275	mm	q _{dt} =	0,049	N/mm ²	q _{dt} = 2.(Nd + Pp)/(b* . B)
e = L/2 - u =	175	mm				
bf = L con bf/6 =	150		con bf* = 3 . (L/2 - e) =	826	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}

0,73
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	158	60	150,0	9800	9000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	1015	4892201	65229	1835	2	52	349

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt. riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	3,00	4,50	9,00	9	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,640	1,868	2,286	2,286	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8

z (m)	3,00	4,50	9,00	9,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,139	0,132	0,109	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	804	915	1120	1120	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,747	0,737	0,824	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207 R1/2018 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.19)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali f_x e f_y e un momento torcente m_z , per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_x(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fx}$$

$$f_y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fy}$$

$$m_z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mz}$$

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali

allungati G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	3,00	4,50	9,00	9,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,139	0,132	0,109	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,855	0,987	0,987	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,939	27,627	27,627	Velocità media CNR DT 207 R1/2018 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	2,16E+05	2,10E+05	2,01E+05	0,00E+00	CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,44E-03	1,52E-03	1,83E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza CfXo	0,7482	0,7510	0,7665	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	3,00	4,50	9,00	9,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,139	0,132	0,109	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	3,000	1,500	4,500	0,000	Altezza di calcolo elemento
p (z)	448,913	506,396	707,105	0,000	N/mq
q (z)	62,399	66,591	77,074	0,000	N/m
$F_v(z)$	187,197	99,887	346,835	0,000	N
$b(z)$	1,500	3,750	6,750	0,000	m braccio della F_v rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	A_{eq} (mq)	$C_e(z)$	p (z)	$F_v(z)$	$b(z)$ m
	9000	0,079	2,29	2016,04	158,78	9,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

	Quota z Sezione Verifica	N_d	V_d	$M_{d,wp}$	$M_{d,we}$	$M_{d,e}$	
	[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	1023	793	2997	1429	0	caratt. SLU
		1535	1189	4495	2144	0	

$\gamma_{Gp} = 1,50$
 $\gamma_{Ge} = 1,50$

$M_{d,wp}$ / $M_{d,we}$ momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

$M_{d,e}$ momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk}(S355) = \begin{matrix} 235 \\ 224 \\ 76923 \end{matrix} \begin{matrix} N/mm^2 \\ N/mm^2 \\ N/mm^2 \end{matrix}$ $\gamma_{M0} = 1,05$ $\gamma_{M1} = 1,10$ $\beta = 2$ $\epsilon = 1,00$

PALO	L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	$i_x=i_y$	λ
	mm	mm	mm	mmq	mm ⁴	mm ³		mm	
	9000	158	4,00	1935,22	5740833	72669	I	54,47	330,48
PALO	N_{cr}	J_t	ψ	M_{cr}	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
	N	mm ⁴		N.m					
	36724	6290700	1,75	466573	3,43	0,19	0,76	6,32	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md		Md/Mb,Rd
	N.m	N.m		
PALO	15525	6638		0,43 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}	Vd	Md
	mmq	N	N		N.m	Vc,Rd	Mc,R _{red}
PALO	1232	159195	1189	0,97	16264	OK	OK
						0,01	0,41

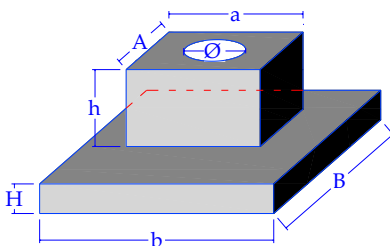
5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

$F_R =$	793	N	$f_{\max} =$	224,73	mm
$bF_R =$	5,583	m			
$J_{med} =$	1868783	mm ⁴	$f_{\max} / H_{ft} =$	0,025	pari a 1/40 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera $R_{ck} = 16$ N/mm² $\gamma_{cls} = 24000$ N/mc

Dimensioni (mm) :	L	B	H	H infiss	e(x)	e(y)
	900	900	1000	800	0	0
Pp (N)	18942					
V plinto (mc)	0,79					
ϕ (mm) =	181,7					
h (mm) =	0					
A y (mm) =	0					
a x (mm) =	0					



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,17	0,07

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

Nq	Nc	N _γ
7,07	15,81	6,20
sq	sc	s _γ
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO	1023	793	5218	caratt.
	1330	1031	6784	SLU

Nd,p = Nd
Md,p = M_{w,p} + M_{w,e} + M_{e,e} + Vd . H_{plinto} + Nd . e_x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M _{rib} = Md,p =	6784	N.m
M _{stab} =	8086	N.m

M_{stab} = (Nd + Pp) . L/2

M_{rib} / M_{stab}

0,84
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,38	$F_{sc} = V_d =$	1031	N
coeff. Attrito = $\tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot coes / \gamma M2$		$F_{stab} =$	7664	N

$F_{stab} = (Nd + Pp) \cdot \mu$

F_{sc} / F_{stab}

0,13
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	242	mm	q _{dt} =	0,062	N/mm ²	q _{dt} = 2.(Nd + Pp)/(b* . B)
e = L/2 - u =	208	mm				
bf = L con bf/6 =	150		con bf* = 3 . (L/2 - e) =	725	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}

0,86
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	168	60	160,0	10800	10000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	1172	5967317	74591	1960	2	55	362

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt. riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	3,33	5,00	10,00	10	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,698	1,929	2,352	2,352	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8

z (m)	3,33	5,00	10,00	10,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,147	0,139	0,114	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	832	945	1153	1153	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,700	0,700	0,765	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207 R1/2018 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.19)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali fX e fY e un momento torcente mZ, per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{FX}$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{FY}$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ}$$

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali

allungati G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	3,33	5,00	10,00	10,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,147	0,139	0,114	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,875	1,007	1,007	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	24,500	28,187	28,187	Velocità media CNR DT 207 R1/2018 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	2,29E+05	2,27E+05	2,14E+05	0,00E+00	CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,36E-03	1,44E-03	1,75E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza CfXo	0,7482	0,7534	0,7684	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	3,33	5,00	10,00	10,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,147	0,139	0,114	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	3,333	1,667	5,000	0,000	Altezza di calcolo elemento
p (z)	435,752	498,579	677,659	0,000	N/mq
q (z)	64,201	69,303	77,253	0,000	N/m
Fv(z)	214,003	115,504	386,266	0,000	N
b(z)	1,667	4,167	7,500	0,000	m braccio della Fv rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	Aeq (mq)	Ce(z)	p (z)	Fv(z)	b(z) m
	10000	0,079	2,35	2074,72	163,40	10,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd	Md,wp	Md,we	Md,e	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	1180	879	3735	1634	0
		1770	1319	5602	2451	0

caratt. SLU

$\gamma_{Gp} = 1,50$

$\gamma_{Ge} = 1,50$

Md,wp / Md,we momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

Md,e momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk} (S355) =$	235	N/mm ²	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\epsilon =$	1,00
$f_{yd} =$	224	N/mm ²	$\gamma_{M1} =$	1,10		
$G =$	76923	N/mm ²	$\beta =$	2		

L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	ix=iy	λ
mm	mm	mm	mm ²	mm ⁴	mm ³		mm	
PALO 10000	168	4,00	2060,88	6932816	82534	I	58,00	344,83

Ncr	Jt	ψ	Mcr	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
N	mm ⁴		N.m					
PALO 35923	7909374	1,75	517429	3,58	0,19	0,76	6,84	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md
	N.m	N.m
PALO	17632	8053

Md/Mb,Rd

0,46 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}
	mmq	N	N		N.m
PALO	1312	169532	1319	0,97	18472

Vd
Vc,Rd
OK
0,01

Md
Mc,R_{red}
OK
0,44

5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

F _R =	879	N	f _{max} =	290,73	mm
bF _R =	6,107	m			
J _{med} =	2138562	mm ⁴	f _{max} / Hft =	0,029	pari a 1/34 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera

R_{ck} = 16 N/mm²

γ_{cls} = 24000 N/mc

Dimensioni (mm) :

L	B	H	H infiss
1000	1000	1000	800

e(x)	e(y)
0	0

Pp (N)
23437

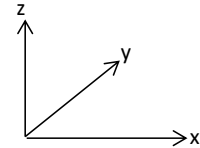
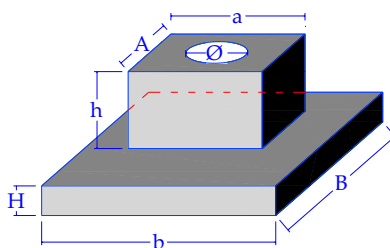
V plinto (mc)
0,98

ϕ (mm) = 193,2

h (mm) = 0

A y (mm) = 0

a x (mm) = 0



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,17	0,07

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

N _q	N _c	N _{\gamma}
7,07	15,81	6,20
s _q	s _c	s _{\gamma}
1,20	1,20	0,70

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO -1,00	1180	879	6248	caratt.
	1534	1143	8123	SLU

Nd,p = Nd
Md,p = M_{w,p} + M_{w,e} + M_e + Vd . H_{plinto} + Nd . e x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M _{rib} = Md,p =	8123	N.m
M _{stab} =	11078	N.m

M_{stab} = (Nd + Pp) . L/2

M_{rib} / M_{stab}
0,73
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,38	$F_{sc} = Vd =$	1143	N
$coeff. Attrito = \tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5.coes / \gamma M2$		$F_{stab} =$	9450	N
		$F_{stab} = (Nd + Pp) \cdot \mu$		

F_{sc} / F_{stab}
0,15
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	316	mm	q _{dt} =	0,053	N/mm ²	q _{dt} = 2.(Nd + Pp)/(b* . B)
e = L/2 - u =	184	mm				
bf = L con bf/6 =	167		con bf* = 3 . (L/2 - e) =	947	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}
0,71
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	178	60	170,0	11800	11000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	1339	7189459	84582	2086	2	59	375

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt. riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	3,67	5,50	11,00	11	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,751	1,985	2,413	2,413	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8

z (m)	3,67	5,50	11,00	11,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,156	0,147	0,119	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	858	973	1182	1182	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,700	0,700	0,707	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207 R1/2018 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = \boxed{1,8} \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.19)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = \boxed{1}$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali fX e fY e un momento torcente mZ, per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{FX}$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{FY}$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ}$$

Istruzioni CNR DT 207 R1/2018 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali

allungati G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	3,67	5,50	11,00	11,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,156	0,147	0,119	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,893	1,025	1,025	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	25,007	28,694	28,694	Velocità media CNR DT 207 R1/2018 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	2,42E+05	2,44E+05	2,28E+05	0,00E+00	CNR DT 207 R1/2018 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,28E-03	1,37E-03	1,68E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza CfXo	0,7482	0,7555	0,7700	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z
 Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	3,67	5,50	11,00	11,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,156	0,147	0,119	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	3,667	1,833	5,500	0,000	Altezza di calcolo elemento
$p(z)$	449,447	514,483	643,567	0,000	N/mq
$q(z)$	69,964	75,372	76,584	0,000	N/m
$F_v(z)$	256,535	138,181	421,215	0,000	N
$b(z)$	1,833	4,583	8,250	0,000	m braccio della F_v rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	A_{eq} (mq)	$C_e(z)$	$p(z)$	$F_v(z)$	$b(z)$ m
	11000	0,079	2,41	2128,41	167,63	11,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

	Quota z Sezione Verifica	N_d	V_d	$M_{d,wp}$	$M_{d,we}$	$M_{d,e}$	
	[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	1347	984	4579	1844	0	caratt. SLU
		2020	1475	6868	2766	0	

$\gamma_{Gp} = 1,50$
 $\gamma_{Ge} = 1,50$

$M_{d,wp}$ / $M_{d,we}$ momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

$M_{d,e}$ momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk}(S355) = \begin{matrix} 235 \\ 224 \\ 76923 \end{matrix} \begin{matrix} N/mm^2 \\ N/mm^2 \\ N/mm^2 \end{matrix}$ $\gamma_{M0} = 1,05$ $\gamma_{M1} = 1,10$ $\beta = 2$ $\epsilon = 1,00$

PALO	L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	$i_x=i_y$	λ
	mm	mm	mm	mmq	mm ⁴	mm ³		mm	
	11000	178	4,00	2186,55	8279366	93027	I	61,53	357,52
PALO	N_{cr}	J_t	ψ	M_{cr}	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
	N	mm ⁴		N.m					
	35454	9784402	1,75	571740	3,72	0,20	0,76	7,32	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md
	N.m	N.m
PALO	19874	9634

Md/Mb,Rd

0,48 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}
	mmq	N	N		N.m
PALO	1392	179869	1475	0,97	20820

Vd
Vc,Rd
OK
0,01

Md
Mc,R_{red}
OK
0,46

5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

F _R =	984	N	f _{max} =	359,46	mm
bF _R =	6,530	m			
J _{med} =	2451066	mm ⁴	f _{max} / Hft =	0,033	pari a 1/31 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera

R_{ck} = 16 N/mm²

γ_{cls} = 24000 N/mc

Dimensioni (mm) :

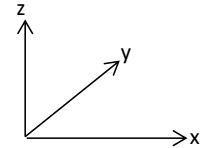
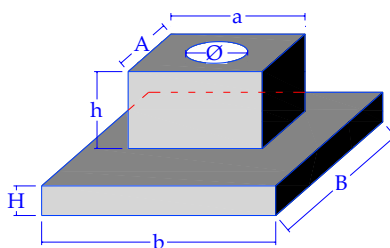
L	B	H	H infiss
1000	1000	1000	800

e(x)	e(y)
0	0

Pp (N)
23368
V plinto (mc)
0,97

ϕ (mm) = 204,7

h (mm) =	0
A y (mm) =	0
a x (mm) =	0



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,17	0,07

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

N _q	N _c	N _{\gamma}
7,07	15,81	6,20
s _q	s _c	s _{\gamma}
1,20	1,20	0,70

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO -1,00	1347	984	7406	caratt.
	1751	1279	9628	SLU

Nd,p = Nd
Md,p = M_{wp} + M_{we} + M_e + Vd . H_{plinto} + Nd . e x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M _{rib} = Md,p =	9628	N.m
M _{stab} =	11122	N.m

M_{stab} = (Nd + Pp) . L/2

M_{rib} / M_{stab}
0,87
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,38	$F_{sc} = Vd =$	1279	N
$coeff. Attrito = \tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5.coes / \gamma M2$		$F_{stab} =$	9487	N
				$F_{stab} = (Nd + Pp) \cdot \mu$

F_{sc} / F_{stab}
0,13
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	256	mm	q _{dt} =	0,065	N/mm ²	q _{dt} = 2.(Nd + Pp)/(b* . B)
e = L/2 - u =	244	mm				
bf = L con bf/6 =	167		con bf* = 3 . (L/2 - e) =	769	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}
0,88
OK