



COMUNE DI TERNI

DIREZIONE LL.PP. - MANUTENZIONI

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE

CAMPO SCUOLA " F. CASAGRANDE"

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)

Missione 5 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 2.1

RIGENERAZIONE URBANA

CUP F44H16000340007



Committente: **COMUNE DI TERNI**

P.zza M. Ridolfi, 1 - 05100 Terni
C.F. 00175660554

R.U.P. **Geom. STEFANO FREDDUZZI**

Corso del Popolo n. 30 - 05100 Terni

Collaboratore: **Dott.ssa Marta Di Filippo**



**Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU**

R.T.P.

Mandatario e Capogruppo:

Coord. e Progetto Architettonico: **arch. Alberto Tiberi**

05100 Terni Via Sabotino, 7 - e-mail : albertotiberi@gmail.com

Mandanti:

Progetto impianti:

Studio Tecnico Associato Paganelli

Viale B. Brin, 10 - 05100 TERNI - e-mail: info@stap.it

Progetto strutture:

ing. Simone Monotti

Strada della Quercia 6/b - 05100 Terni - e-mail: segreteria@studiomonotti.it

Progetto sicurezza:

C.S.P. - C.S.E.

ing. Alessandro Passetti

Via Del Daino, 19 - 05100 - Terni - e-mail: passetti.ale@gmail.com

Collaborazioni:

ing. iunior Alberto Lausi

Prog. impianti termotecnici

Via Lombardo Radice, 19 - 05100 - Terni - e-mail: alberto.lausi@gmail.com

Direttore dei Lavori:

arch. Andrea Della Sala

Strada di S. Martino, 104 - 05100 Terni - e-mail : info@andreadellasala.com

Il progettista:

Contenuto del disegno:

**PROGETTO
ESECUTIVO
STRUTTURALE**

Oggetto:

**CERTIFICATO DI IDONEITA' STATICA
TORRI FARO**

tavola numero:

**R.S.
21**

data	aggiornato al	disegnato da	visto R.U.P.	indice file	scala
18.01.2023	6.03.2023				VARIE

Il contenuto del presente elaborato è di proprietà esclusiva del Progettista. Senza autorizzazione scritta dello stesso non può essere diffuso a terzi nè riprodotto totalmente o parzialmente.

R.S. 21
CERTIFICATO DI IDONEITA' STATICA
TORRI FARO

Campo Scuola "F. Casagrande", Terni (TR)



Terni, 24/03/2023

Tecnico: Ing. Simone Monotti

Committente: Comune di Terni – Direzione Lavori Pubblici – Manutenzioni

Documenti di riferimento:

- rapporto di prova n. 69/2023 del 03/02/2023 - ISMES s.p.a. (ISTEDIL) - SCQ s.r.l.
- report indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche del 07/02/2023 - Terra s.n.c.

CERTIFICATO DI IDONEITA' STATICA

TORRI FARO CAMPOSCUOLA "CASAGRANDE" - TERNI

RELAZIONE TECNICA ed ILLUSTRATIVA

Le opere oggetto di valutazione di idoneità statica sono n. 4 torri faro realizzate in acciaio su basamenti in calcestruzzo, site presso il Camposcuola "Casagrande" di Terni in Via delle Mura. Esse sono finalizzate principalmente all'illuminazione dello stesso e, in via minoritaria, alla distribuzione sonora tramite impianto di emissione del tipo a megafono.

Si premette che la presente relazione, ed i risultati derivanti, si basano sui dati frutto della campagna di ispezioni, controlli non distruttivi e controlli parzialmente distruttivi realizzati dalla società ISMES s.p.a. (ISTEDIL) di Perugia (PG) con il supporto della società SCQ s.r.l. di Todi (PG) e sul report di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche realizzate dalla Terra s.n.c., il tutto su commissione del Comune di Terni. I riferimenti di tali prove sono rispettivamente:

- Rapporto n. 69/2023 del 03/02/2023.
- Report del 07/02/2023.
-

Si rimanda a tali documenti per dettagli sulle attività svolte e sui risultati ottenuti sia in situ sia in laboratorio.

Facendo riferimento al primo suddetto rapporto, le Torri sono così denominate:

Torre Faro 1 (TF 1);

Torre Faro 2 (TF 2);

Torre Faro 3 (TF 3);

Torre Faro 4 (TF 4).

Per le prove inerenti il sistema fondale, eseguite dalla ISMES s.p.a., nel documento sopra citato, la Torre Faro 1 è quella posizionata nei pressi della via interna di connessione, con relativo cancello, tra il Camposcuola e l'adiacente Circolo della Scherma. Le altre sono numerate in progressione seguendo l'ordine antiorario con vista dall'alto.

Per le prove inerenti il sistema in acciaio fuori terra, eseguite dalla SCQ s.r.l., nel documento sopra citato, la numerazione è analoga a quella sopra descritta ma con inversione di numerazione tra Torre 3 e Torre 4. Nella seguente figura 01 è mostrata una vista aerea del Camposcuola con evidenziato il posizionamento delle Torri.



Fig. 01: vista aerea con posizionamento delle Torri.

Le torri faro sono state realizzate prima del finire dello scorso millennio. Da un punto di vista strutturale esse sono costituite da aste in acciaio di geometria tubolare a sezione circolare decrescente con l'altezza. Sono presenti tre tronchi connessi con flange bullonate. Ciascuna parte è quindi di fatto un tronco di cono. Nel suo complesso ciascuna torre è assimilabile dunque ad un cono la cui circonferenza C alla base è di 165 cm, per un diametro esterno $D = C/\pi = 165/3,14 = 52,50$ cm. L'altezza è di circa 20 m. Lo spessore è variabile ed a meno di leggeri discostamenti risulta pari a circa 9 mm per il tronco di base, 8 mm per il tronco intermedio e 7 mm per il tronco di punta (valori arrotondati per difetto a favore di sicurezza). Oltre ad un ballatoio intermedio, posizionato sul tronco centrale, è presente un ballatoio terminale ed un impianto di illuminazione in testa, costituito da n. 8 lampade da 2000 W. I ballatoi hanno semplici piatti snelli che fungono da essenziale parapetto e grigliati come piani di calpestio. Le torri sono accessibili grazie a classiche scale metalliche alla marinara dotate di gabbia di protezione.

Le torri di fatto sono infisse per immersione in blocchi di calcestruzzo che sono totalmente interrati e presentano geometria a parallelepipedo di dimensioni variabili in pianta per uno spessore di circa 180 cm. Nella figura 02 è mostrato un dettaglio della scala mentre nella figura 03 un particolare della zona di punta con impianto di illuminazione.



Fig. 02: dettaglio della scala alla marinara con gabbia di protezione.

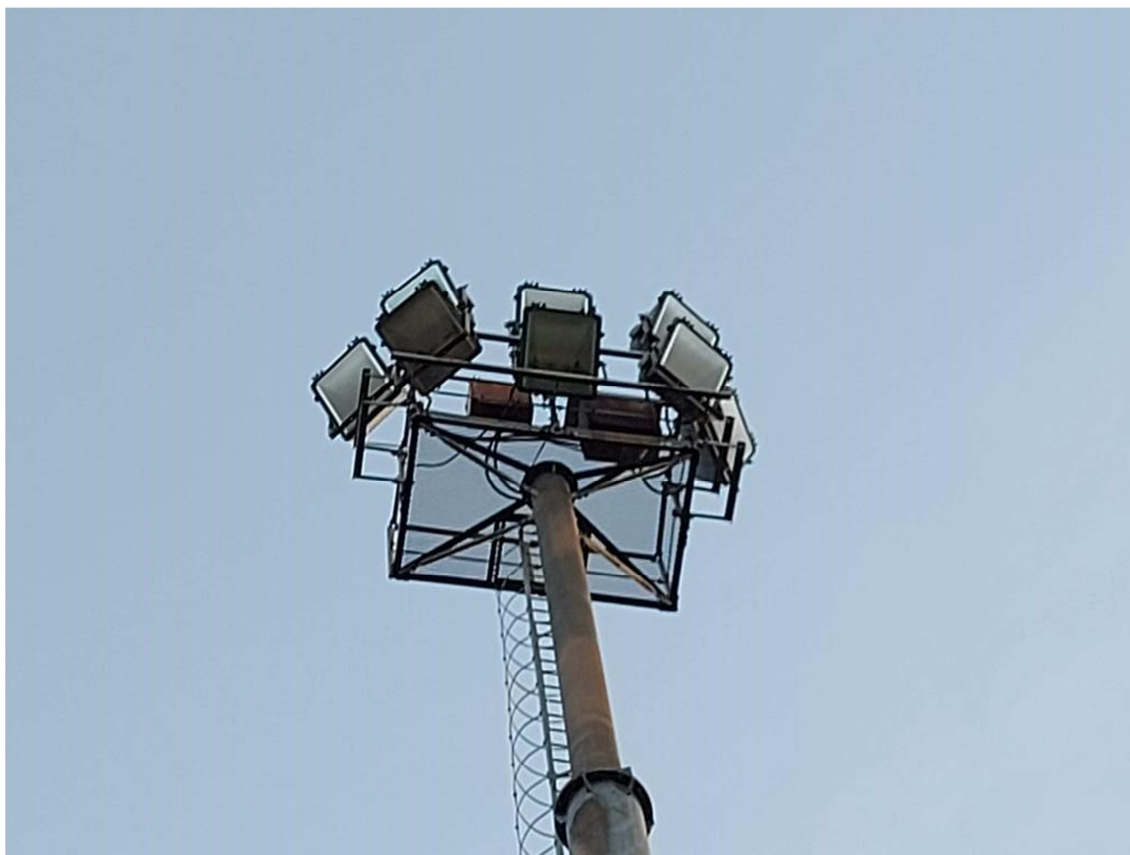


Fig. 03: dettaglio dell'impianto di illuminazione.

Dalle analisi effettuate risulta che non siano presenti segni di ammaloramento strutturale o degrado. L'acciaio costituente le torri è stimabile nella tipologia S245 JR usando la classificazione del DM 17/01/2018 (NTC 2018), debitamente zincato. Il calcestruzzo del basamento è assimilabile mediamente ad un calcestruzzo strutturale di classe almeno C20/25.

VERIFICA di SICUREZZA STRUTTURALE ed IDONEITA' STATICA

Strutture come queste, infisse nella fondazione, hanno come principale fattore esterno critico l'azione del vento, che può comportare sostanzialmente due rischi: il ribaltamento e la rottura alla base del tronco.

Verificata la resistenza a tali condizioni, al netto del buono stato di conservazione delle connessioni, la verifica globale può ritenersi soddisfatta. Il vento esplica la sua azione sotto forma di una pressione orizzontale crescente con l'altezza dal terreno. Seguendo le indicazioni delle suddette norme NTC 2018, si è stabilito un valore di circa 84 kg/m^2 nella zona della punta. Moltiplicando il valore di tale pressione per la superficie di impatto è

possibile ricavare l'azione del vento come forza risultante. Di seguito i dettagli del calcolo effettuato sono mostrati nella figura 04.

AZIONE DEL VENTO (DM 17.01.2018)		
Z	zona geografica di appartenenza del sito	3
R	classe di rugosità del terreno	A
E	categoria di esposizione del sito	V
a_s	altitudine s.l.m. del sito su cui sorge la costruzione	200 m
z	altezza sul suolo della costruzione	20.00 m
d	distanza dal mare	100 km
a₀	altitudine di riferimento della zona	500 m
v_{b,0}	velocità di riferimento a livello del mare	27 m/s
k_s		0.37
c_a	coefficiente di altitudine	1.000
v_b	velocità base di riferimento	27.00 m/s
T_R	tempo di ritorno	50
c_r	coefficiente di ritorno	1.000
v_r	velocità di riferimento	27.00 m/s
q_r	pressione cinetica di riferimento	455.63 N/m ²
k_r		0.23
z₀		0.70 m
z_{min}		12 m
c_d	coefficiente dinamico	1
c_t	coefficiente di topografia	1
c_p	coefficiente di forma	1
c_e(z)	coefficiente di esposizione	1.836

PRESSIONE DEL VENTO

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r c_e c_p c_d = 83.65 \text{ daN/m}^2$$

Fig. 04: calcolo dell'azione del vento in punta secondo le NTC 2018.

Verifica Anti-Ribaltamento

Al fine di verificare l'antiribaltamento delle torri si deve confrontare il momento complessivo ribaltante M_R , dovuto appunto all'azione del vento, con il momento complessivo stabilizzante M_S dovuto sostanzialmente al peso proprio, ma fortemente coadiuvato anche dalla spinta passiva del terreno visto che le fondazioni sono, come già detto, totalmente interrato e non libere in superficie.

Volendo agire in estremo favore di sicurezza, sono state considerate condizioni totalmente peggiorative rispetto alla realtà. Nel dettaglio:

- Le lampade in testa sono n. 8 e la loro dimensione è di circa 50 x 40 cm. La loro inclinazione è variabile e non tutte sono egualmente e contemporaneamente impattanti con il vento proveniente da una certa direzione. Volendo tutelarsi anche nel caso di future possibili modifiche si è calcolata la superficie impattante come se fosse dovuta a lampade di dimensioni 65 x 55 cm anziché delle dimensioni reali ed in numero di 10 elementi anziché 8. Oltre a ciò la superficie totale è stata valutata come se fosse completamente perpendicolare all'azione del vento.
- La superficie di ogni torre è nel suo complesso conica, quindi curva, offrendo così un limitato impatto al vento rispetto ad una superficie piana. Agendo a favore di sicurezza si è considerata la superficie come se fosse piana, cioè come se le torri fossero piramidi con base quadrata di lato pari al diametro della torre reale.
- I basamenti fondali sono totalmente interrati e come già detto, fortemente stabilizzati dalla spinta passiva dei terreni che li circondano. Agendo a favore di sicurezza tale contributo stabilizzante non è stato considerato, ragionando come se i basamenti fossero totalmente fuori terra.
- Il peso proprio delle torri contribuisce a determinare una componente del momento stabilizzante M_S . Agendo a favore di sicurezza tale componente non è stata considerata.
- Le dimensioni in pianta delle torri sono variabili da torre a torre. Agendo a favore di sicurezza si è eseguito il calcolo considerando la dimensione minore in assoluto. Tale caso contempla e quindi verifica tutti gli altri meno gravosi.

Tutto ciò stabilito, vengono di seguito riportate le dimensioni in pianta dei vari basamenti.

TF 1 = 3,30 m x 2,90 m

TF 2 = 3,30 m x 2,90 m

TF 3 = 1,70 m x 2,20 m

TF 4 = 2,55 m x 2,00 m

Per il calcestruzzo costituente i basamenti si è considerata una densità pari a 2.400 kg/m^3 .

Calcolo del Momento Ribaltante M_R

Superficie totale delle lampade:

$$0,65 \text{ m} \cdot 0,55 \text{ m} \cdot 10 = 3,58 \text{ m}^2$$

Forza risultante del vento sulla superficie delle lampade:

$$84 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,58 \text{ m}^2 = 301 \text{ kg}$$

Momento alla base ($H = 20 \text{ m}$) dovuto all'impatto del vento sulle lampade:

$$301 \text{ kg} \cdot 20 \text{ m} = \mathbf{6.020 \text{ kgm}}$$

Superficie totale tronco torre:

$$(0,53 \text{ m} \cdot 20 \text{ m}) / 2 = 5,30 \text{ m}^2$$

Forza risultante del vento sul tronco:

$$84 \text{ kg/m}^2 \cdot 5,30 \text{ m}^2 = 445,20 \text{ kg}$$

Momento alla base ($H = 7 \text{ m}$ – baricentro tronco) dovuto all'impatto del vento sul tronco:

$$445,20 \text{ kg} \cdot 7 \text{ m} = \mathbf{3.116,40 \text{ kgm}}$$

Momento Ribaltante Totale M_R :

$$(6.020 + 3.116,40) \text{ kgm} = \mathbf{M_R = 9.136,40 \text{ kgm}}$$

Calcolo del Momento Stabilizzante M_S

Peso Proprio Basamento minore (torre 3):

$$2.400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,70 \text{ m} \cdot 2,20 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m} = 16.156,80 \text{ kg}$$

Momento Stabilizzante considerando il lato minore (braccio $1,70 \text{ m} / 2 = 0,85 \text{ m}$):

$$16.156,80 \text{ kg} \cdot 0,85 \text{ m} = \mathbf{M_S = 13.733,28 \text{ kgm}}$$

Verifica a ribaltamento

$$\mu = \frac{M_S}{M_R} = \frac{13.733,28}{9.136,40} = \mathbf{1,503}$$

Dai calcoli sopra riportati, nonostante le ipotesi estremamente peggiorative ed in alcuni casi talmente penalizzanti da discostarsi dalla realtà, il momento stabilizzante M_S risulta ben maggiore di quello ribaltante M_R con un coefficiente di sicurezza μ superiore ad 1,5. Avendo effettuato tale calcolo per la torre con il basamento di minori dimensioni, la verifica risulta soddisfatta per tutte le torri in quanto hanno basamento di dimensioni maggiori.

Da ciò si può considerare la verifica soddisfatta.

Verifica Anti-Rottura alla base

Per questa verifica si considera la torre modellata come un'asta incastrata al piede e sottoposta alle due forze orizzontali, così come calcolate al paragrafo precedente, e dovute all'azione del vento. In questo tipo di schema strutturale il momento alla base è per l'appunto M_R prima mostrato (9.136,40 kgm). Approcciando un calcolo semplificato si calcola la tensione agente alla base della torre come:

$\sigma = (M/W)$ ove W è il modulo di resistenza della sezione espresso in cm^3 .

In questo caso la sezione è un anello circolare ed il suo modulo di resistenza è:

$W = \pi (D^4 - d^4) / 32D$ con D diametro esterno (53 cm) e d diametro interno (51,20 cm) della sezione ad anello.

Da ciò deriva:

$$W = 3,14 (7.890.481,00 - 6.871.947,67) / 1.696 = 1.885,73 \text{ cm}^3$$

$$M_R = 9.163,40 \text{ kgm} = 91.3640 \text{ kgcm}$$

$$\sigma = M/W = 913.640,00 \text{ kgcm} / 1.885,73 \text{ cm}^3 = \mathbf{484,50 \text{ kg/cm}^2}$$

Tale valore risulta estremamente esiguo rispetto alle capacità prestazionali dell'acciaio S275 sia in termini di tensione di rottura ($\sigma_R = 4.384,78 \text{ kg/cm}^2$) che in termini di tensione di snervamento ($\sigma_S = 2.804,22 \text{ kg/cm}^2$).

Da ciò si può considerare la verifica soddisfatta.

Verifica Pressione sul Terreno

Pur non essendo presenti segni di cedimento del terreno, per completezza di trattazione si procede a valutare la pressione esercitante sul terreno in condizioni statiche. Tale contributo deriva dal peso proprio delle torri e del basamento. Agendo a favore di sicurezza si considera ciascuna torre come se fosse di costante spessore pari a 9 mm (nonostante tale valore sia effettivo esclusivamente per il tronco di base essendo più sottile con l'aumentare dell'altezza).

Essendo il volume del cono pari a $V = (\pi R^2 H) / 3$ esso sarà ricavato come differenza tra il cono di raggio esterno $R = 53 \text{ cm} / 2 = 26,5 \text{ cm}$ e raggio interno $51,20 \text{ cm} / 2 = 25,6 \text{ cm}$.

Sviluppando i calcoli sulla base delle formule suddette si ricava:

$$V_{\text{esterno}} = [3,14 \times (0.265 \text{ m})^2 \cdot 20 \text{ m}] / 3 = 1,47 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{interno}} = [3,14 \times (0.256 \text{ m})^2 \cdot 20 \text{ m}] / 3 = 1,37 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{effettivo}} = (V_{\text{esterno}} - V_{\text{interno}}) = 1,47 \text{ m}^3 - 1,37 \text{ m}^3 = 0,10 \text{ m}^3$$

Considerando la densità dell'acciaio pari a 7.850 kg/m^3 , si ottiene il peso proprio della torre come:

$$7.850 \text{ kg/m}^3 \times 0,10 \text{ m}^3 = 785,00 \text{ kg}$$

Considerando le 10 lampade (nell'ipotesi peggiorativa suddetta) con peso di 23 kg ciascuna e considerando ballatoi e scala si arrotonda per eccesso a favore di sicurezza il peso proprio totale di ciascuna torre a 1.500,00 kg.

Tale valore va sommato a quello del basamento. Si valuta il basamento con superficie di appoggio minore in quanto, avendo tutti eguale altezza, sarà quello con pressione unitaria maggiore. Ricordando che la densità del calcestruzzo è 2.400 kg/m^3 si ricava il peso proprio del basamento:

$$2.400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,70 \text{ m} \cdot 2,20 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m} = 16.156,80 \text{ kg}$$

Il peso proprio totale (basamento + torre) sarà:

$$1.500,00 \text{ kg} + 16.156,80 \text{ kg} = 17.656,80 \text{ kg}$$

La superficie di appoggio del basamento minore è:

$$(220 \text{ cm} \cdot 170 \text{ cm}) = 37.400 \text{ cm}^2$$

Da cui una pressione sul terreno pari a:

$$16.156,80 \text{ kg} / 37.400 \text{ cm}^2 = 0,43 \text{ kg/cm}^2$$

Tale valore risulta più che accettabile considerando la natura del terreno così come descritta nel report sopra citato.

CERTIFICAZIONE DI IDONEITA' STATICA

Premesso quanto esposto nei paragrafi precedenti

Considerato:

- che le ipotesi di calcolo assunte a base dei calcoli corrispondono ai carichi ipotizzabili come agenti sulle strutture con le valutazioni penalizzanti sopra descritte;
- che i valori delle sollecitazioni sono accettabili;
- che la qualità e lo stato di conservazione dei materiali non mostrano criticità sulla base dei controlli effettuati dalla ISMES S.p.a. e dalla SCQ s.r.l.;

Tutto ciò considerato il sottoscritto Ing. Simone Monotti

CERTIFICA

Che le opere denominate Torri Faro del Camposcuola "Casagrande" di Terni sono

STATICAMENTE IDONEE

a norma delle vigenti leggi, per un vento di velocità, intensità e pressione massime come previsto dalle NTC 2018 (DM 17/01/2018), per l'uso al quale le opere stesse sono state realizzate, precisando però di declinare ogni responsabilità derivante da errato o improprio uso delle stesse, dalla mancanza o assenza di manutenzione sia ordinaria che straordinaria, da eventuali modifiche e ristrutturazioni apportate successivamente al presente atto e da ogni altra manomissione che possa comunque interessare la statica delle strutture in questione.

Nel caso di future modifiche all'impianto di illuminazione, la presente certificazione potrà continuare a considerarsi valida soltanto se la superficie totale delle nuove lampade ed il loro peso non supereranno le ipotesi (penalizzanti) qui considerate e descritte nei paragrafi precedenti.

Terni (TR), 24/03/2023

Il Professionista

Dott. Ing. Monotti Simone

(Ordine degli Ingegneri di Terni Sez. A n° 1055)