



REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA
PROVINCIA DI PORDENONE
COMUNE DI SAN GIORGIO DELLA RICHINVELDA



MESSA IN SICUREZZA DI VIABILITA' COMUNALE: VIA MANIAGO,
PIAZZA COOPERATIVE, VIA SAN GIOVANNI E VIA PINETA
CUP E15F21003230002 – LOTTO 2

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE
Comune di San Giorgio della Richinvelda
via Richinvelda, 15
33095 – San Giorgio della Richinvelda (PN)

PROGETTISTI
Studio Roselli e Associati
dott. ing. Cristiano Roselli della Rovere
dott. ing. Ilaria Cimarosti



TITOLO RELAZIONE SULLE STRUTTURE

DATA	INC	REL	STR-R01	REV
30/01/2026	RA846B	PD		0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO
0	30/01/2026	Prima emissione	I. Cimarosti

SOMMARIO

1.	INQUADRAMENTO.....	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3.	MATERIALI.....	5
3.1.	OPERE IN CEMENTO ARMATO.....	5
3.1.1.	Calcestruzzo di nuova realizzazione	5
3.1.2.	Calcestruzzo per magrone.....	5
3.1.3.	Calcestruzzo opere in c.a.	5
3.1.4.	Acciaio per cemento armato	6
3.1.5.	Armature	6
3.1.6.	Reti elettrosaldate	6
3.2.	OPERE IN ACCIAIO	6
3.2.1.	Protezione alla corrosione mediante zincatura.....	6
3.2.2.	Saldature.....	8
4.	MODELLAZIONE SISMICA.....	8
4.1.	PARAMETRI GENERALI DEL SITO.....	8
4.2.	VITA NOMINALE DELLA COSTRUZIONE.....	9
4.3.	AZIONE SISMICA	9
4.3.1.	Zona Sismica	10
4.3.2.	Spettri di riposta	11
5.	CARICHI DI PROGETTO	11
5.1.	Pesi specifici.....	11
5.2.	Carichi permanenti	11
5.3.	Vento	12
5.3.1.	Vento su palo illuminazione	12
5.4.	Spinta del terreno	13
5.5.	Combinazioni per le verifiche geotecniche sulle opere di fondazione	13

1. INQUADRAMENTO

Le opere di carattere strutturale previste sono pali dell'illuminazione pubblica di altezza massima 8 metri con relativo plinto di fondazione prefabbricato. Ai sensi del Decreto Del Presidente Della Regione 13 dicembre 2024, n. 0165/Pres. sono classificati con Interventi privi di rilevanza al punto c.1.a.9.1) pali per illuminazione o portacavi, aventi altezza fuori terra compresa tra metri 5,00 e metri 10,00 dal piano di campagna, compresi i relativi plinti di fondazione gettati in opera.



Figura 1: Ortofoto con indicazione, in colore rosso, dell'area oggetto dell'intervento.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le opere in progetto sono state progettate in conformità con le seguenti leggi e normative:

- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
- L. 5 Novembre 1971 n. 1086 – “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” (e relativi riferimenti tecnici);
- Circolare 21.01.2019 n.7 – Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17.01.2018”;
- EN 1992-1-1:2005 – “Progettazione delle strutture in calcestruzzo, Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- EN 1998-1:2005 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica, Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- EN 1997-1:2005 – “Progettazione geotecnica, Parte 1: Regole generali”;
- CNR-DT 207/2008 – Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni;

- CNR-DT 206-R1/2018 – Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture in legno.

3. MATERIALI

A norma dell'art. 4 della Legge 5/11/71 n°1086 e succ.ve modifiche, la presente relazione prescrive le seguenti disposizioni riguardanti le caratteristiche dei materiali, la loro confezione e il loro impiego nell'esecuzione delle strutture delle suddette opere.

3.1. OPERE IN CEMENTO ARMATO

3.1.1. Calcestruzzo di nuova realizzazione

Le opere in calcestruzzo preconfezionato o gettato in opera devono essere realizzate in conformità alle seguenti norme e documenti tecnici:

- D.M. 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» cap. 4 e 11;
- Circolare alle "NTC" del 21 gennaio 2019 n°7;
- Linee Guida per il calcestruzzo strutturale;
- UNI-EN 206-1: "Calcestruzzo";
- UNI-EN 12620: "Aggregati e filler";
- UNI 197/1: "Cementi";
- UNI EN 1008: "Acqua di impasto".

Gli inerti devono provenire da impianti di estrazione e lavaggio autorizzati e saranno ottenuti da rocce non gelive o friabili.

L'acqua utilizzata per l'impasto deve essere limpida e priva d'impurità, di solfati o gesso e non deve giungere da zone di ristagno all'aperto.

Il cemento è di tipo Portland.

La distribuzione granulometrica degli inerti, il cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

3.1.2. Calcestruzzo per magrone

descrizione	Calcestruzzo destinato alla realizzazione del piano di appoggio delle fondazioni (privo di armature)		
classe	C12/15		
resistenza caratteristica a rottura cubica	R_{ck}	15	N/mm ²
resistenza caratteristica a rottura cilindrica	f_{ck}	12	N/mm ²
classe di esposizione	XC0		

3.1.3. Calcestruzzo opere in c.a.

descrizione	Calcestruzzo destinato alla realizzazione di fondazioni e muri interrati a contatto con terreni non aggressivi		
classe	C32/40		
resistenza caratteristica a rottura cubica	R_{ck}	40	N/mm ²
resistenza caratteristica a rottura cilindrica	f_{ck}	32	N/mm ²
classe di esposizione	XC4		
classe di consistenza	S4/S5		
rapporto A/C massimo	0.50		
dosaggio minimo cemento	340		kg/m ³
copriferro minimo	40mm (per getti controterra 70mm)		
peso specifico	ρ	24	kN/m ³

3.1.4. Acciaio per cemento armato

L'acciaio dolce da carpenteria rispetta le prescrizioni fornite dalle seguenti normative e documentazioni tecniche:

- D.M. 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» cap. 4 e 11;
- Circolare alle "NTC" del 21 gennaio 2019 n°7;
- UNI EN 10080: "Acciaio d'armatura per calcestruzzo".

3.1.5. Armature

tipologia	B450C		
tensione nominale di rottura	$f_{t,nom}$	540	N/mm ²
tensione nominale di snervamento	$f_{y,nom}$	450	N/mm ²
tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq f_{t,nom}$	
tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq f_{y,nom}$	
modulo elastico	E_s	210000	N/mm ²
allungamento	$(A_{gt})_k$	7,5%	
peso specifico	ρ	78	kN/m ³

3.1.6. Reti elettrosaldate

tipologia	B450A		
tensione nominale di rottura	$f_{t,nom}$	540	N/mm ²
tensione nominale di snervamento	$f_{y,nom}$	450	N/mm ²
tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq f_{t,nom}$	
tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq f_{y,nom}$	
modulo elastico	E_s	210000	N/mm ²
allungamento	$(A_{gt})_k$	7,5%	
peso specifico	ρ	78	kN/m ³

3.2. OPERE IN ACCIAIO

Le opere in acciaio di nuova realizzazione devono essere realizzate in conformità alle seguenti norme e documenti tecnici:

- D.M. 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» ai capitoli 4 e 11;
- Circolare alle "NTC" del 21 gennaio 2019 n°7;
- UNI EN 1090: "Esecuzione di strutture in acciaio e alluminio";
- UNI EN 1993: "Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio";
- UNI EN 10025: "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali";
- UNI EN 10210: "Profilati cavi in acciaio laminati a caldo per impieghi strutturali".

Secondo quanto indicato dalle "NTC2018" nel paragrafo §4.2.-"Costruzioni in acciaio", per le strutture in Acciaio per profili tubolari

tipo di acciaio	S235		
norma di riferimento	UNI EN 10025-2		
tensione di snervamento	f_y	> 235	N/mm ²
tensione di rottura	f_t	> 360	N/mm ²
modulo elastico	E	> 210000	N/mm ²
classe di resilienza da -20 C° a +20 C°:	JR		
allungamento a rottura	A	> 22%	

3.2.1. Protezione alla corrosione mediante zincatura

La Norma UNI EN ISO 14713-1 identifica:

- 6 Classi di Corrosione Ambientale Atmosferica e
- 4 Classi di Corrosione per strutture immerse o interrate

Corrosione Atmosferica

La corrosione atmosferica è un processo che avviene in uno strato di umidità presente sulla superficie del metallo; tale strato può essere così sottile da non essere rilevabile ad occhio nudo.

La velocità di corrosione è incrementata dai seguenti fattori:

- aumento dell'umidità relativa
- condensa
- aumento del tasso di inquinamento dell'atmosfera

L'esperienza ha dimostrato che è probabile il verificarsi di una significativa corrosione se l'umidità relativa è superiore all'80% e la temperatura è maggiore di 0°C. Tuttavia in presenza di inquinamento ambientale e/o di sali igroscopici la corrosione può verificarsi a livelli di umidità inferiori.

Strutture immerse in acqua

Il tipo di acqua - dolce, salmastra o salata ha una grande influenza sulla corrosione dell'acciaio. La corrosività è influenzata anche dal tenore di ossigeno dell'acqua, dal tipo e dalla quantità delle sostanze disciolte e dalla temperatura dell'acqua. Lo svilupparsi di organismi animali o vegetali può accelerare la corrosione.

Strutture interrate

La corrosione nel terreno dipende dal tenore e dalla natura dei minerali del terreno, dalla presenza di sostanze organiche, dal tenore in acqua e in ossigeno. La corrosività del terreno è fortemente influenzata dal grado di aerazione. Il tenore in ossigeno varia e possono formarsi celle di corrosione. Dove strutture di acciaio importanti, come condutture, gallerie, installazioni di serbatoi, ecc., passano attraverso terreni di tipo differente, con differenti tenori di ossigeno, con differenti livelli della falda freatica, eccetera, può verificarsi un aumento della corrosione localizzata (corrosione ad alveoli) dovuta alla formazione di celle di corrosione.

Classificazione degli ambienti in relazione alla stima della categoria di corrosività

Categoria di corrosività C Tasso di corrosione per lo zinco (in base a esposizioni di un anno) r_{corr} in $\mu\text{m/a}$ e livello di corrosione	Ambienti tipici (esempi)	
	Interno	Esterno
C1 $r_{corr} \leq 0,1$ Molto basso	Ambienti riscaldati con bassa umidità relativa e inquinamento insignificante, per esempio uffici, scuole, musei	Zona secca o fredda, ambiente atmosferico con inquinamento e periodo di umidità molto ridotti, per esempio alcuni deserti, Artico/Antartico centrale
C2 $0,1 < r_{corr} \leq 0,7$ Basso	Spazi non riscaldati con temperature e umidità relativa variabili. Bassa frequenza di condense e ridotto inquinamento, per esempio, magazzini, palestre	Zona temperate, ambiente atmosferico con inquinamento ridotto ($\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), per esempio aree rurali, piccole città. Zona secca o fredda, ambiente atmosferico con breve periodo di umidità, per esempio deserti, aree subartiche
C3 $0,7 < r_{corr} \leq 2,1$ Medio	Spazi con moderata frequenza di condensa e inquinamento moderate dovuto a processi produttivi, per esempio impianti di lavorazione di generi alimentari, lavanderie, fabbriche di birra, caseifici	Zona temperata, ambiente atmosferico con inquinamento medio (SO_2 : da $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) o un certo effetto di cloruri, per esempio aree urbane, aree costiere con bassa deposizione di cloruri. Zone subtropicali e tropicali con atmosfera con ridotto inquinamento
C4 $2,1 < r_{corr} \leq 4,2$ Alto	Spazi con elevata frequenza di condensa ed elevato inquinamento dovuto a processi produttivi, per	Zona temperata, ambiente atmosferico con elevato inquinamento (SO_2 : da $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) o notevole effetto di cloruri, per esempio aree urbane

	esempio impianti di lavorazione industriali!, piscine	inquinata, aree industriali!, aree costiere non esposte a nebbia salina, esposizione a forte effetto di sali antighiaccio. Zone subtropicali e tropicali con atmosfere con inquinamento medio
C5 $4,2 < r_{corr} \leq 8,4$ Molto alto	Spazi con elevatissima frequenza di condensa e/o elevato inquinamento dovuto a processi produttivi, per esempio miniere, caverne per scopi industriali, capanne non ventilate in zone subtropicali e tropicali	Zone temperate e subtropicali, ambiente atmosferico con inquinamento molto elevato (SO ₂ : da 90 µg/m ³ a 250 µg/m ³) e/o importante effetto di cloruri, per esempio aree industriali aree costiere, posizioni riparate sulla fascia costiera
CX $8,4 < r_{corr} \leq 25$ Estremo	Spazi con condensa quasi permanente o lunghi periodi di esposizione agli effetti di umidità estrema e/o con elevato inquinamento dovuto a processi produttivi, per esempio capanne non ventilate in zone tropicali umide con penetrazione dell'inquinamento esterno, compresi cloruri dispersi nell'aria e materiale particolato stimolante la corrosione	Zone subtropicali e tropicali (periodo di umidità molto elevato), ambiente atmosferico con inquinamento (SO ₂) molto elevato (maggiore di 250 µg/m ³), compreso inquinamento dovuto a fattori produttivi e/o forte effetto di cloruri, per esempio aree estremamente industriali, fascia costiera e aree in mare aperto con contatto occasionale con nebbia salina

In seguito alle scelte adottate nella progettazione strutturale e alla destinazione d'uso si è pertanto scelto la classe di corrosività C2 - BASSA.

3.2.1.1. Spessore minimo di zincatura

Zincatura a caldo: (ISO 1461)	materiale e spessore	sp. medio del rivestimento [µm]	massa media del rivestimento [g/m ²]
	Acciaio sp.> 6mm	85	610
	Acciaio 3<sp.<6mm	70	505

3.2.2. Saldature

Le saldature, a cordone d'angolo, a parziale o a piena penetrazione secondo le indicazioni di progetto, devono essere conformi a quanto previsto nelle NTC 2018.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011-1:2009 ed UNI EN 1011-2:2005 per gli acciai ferritici ed UNI EN 1011-3:2005 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2013.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali di livello C della norma UNI EN ISO 5817:2014.

4. MODELLAZIONE SISMICA

4.1. PARAMETRI GENERALI DEL SITO

Parametri generali

provincia	Pordenone
comune	San Giorgio della Richinvelda, 33095
località	Rauscedo
indirizzo	Piazza delle Cooperative
Latitudine WGS84	46.039291,
longitudine	12.828489
quota altimetrica [m]	150
categoria topografica	T1
categoria di sottosuolo	B
zona sismica	2

accelerazione sismica di riferimento [g]	0.203
--	-------

4.2. VITA NOMINALE DELLA COSTRUZIONE

Vita nominale e classe d'uso

tipo di costruzione	Costruzione con livelli di prestazione ordinarie
vita nominale (VN) [anni]	50
classe d'uso	II
coefficiente d'uso	1.00
periodo di riferimento ($V_R = V_{NCU}$) [anni]	50

4.3. AZIONE SISMICA

Azione sismica

stato limite considerato		SLO	SLD	SLV	SLC	
probabilità di superamento		81%	63%	10%	5%	
tempo di ritorno	T_r	30	50	475	975	[anni]
acc. max oriz. su suolo rigido	a_g	0.056	0.073	0.203	0.269	[g]
coefficiente di amplificazione dinamica	F_o	2.467	2.453	2.449	2.487	
periodo inizio tratto velocità cost.	T_c^*	0.241	0.265	0.334	0.348	[s]
parametri locali	S_S	1.200	1.200	1.200	1.133	
	C_C	1.462	1.434	1.370	1.358	
periodi notevoli	T_B	0.117	0.127	0.153	0.158	[s]
	T_C	0.352	0.380	0.458	0.473	[s]
	T_D	1.824	1.892	2.411	2.675	[s]
coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_T	1.000	1.000	1.000	1.000	

4.3.1. Zona Sismica

Il comune di San Giorgio della Richinvelda è situato in Zona Sismica 2.

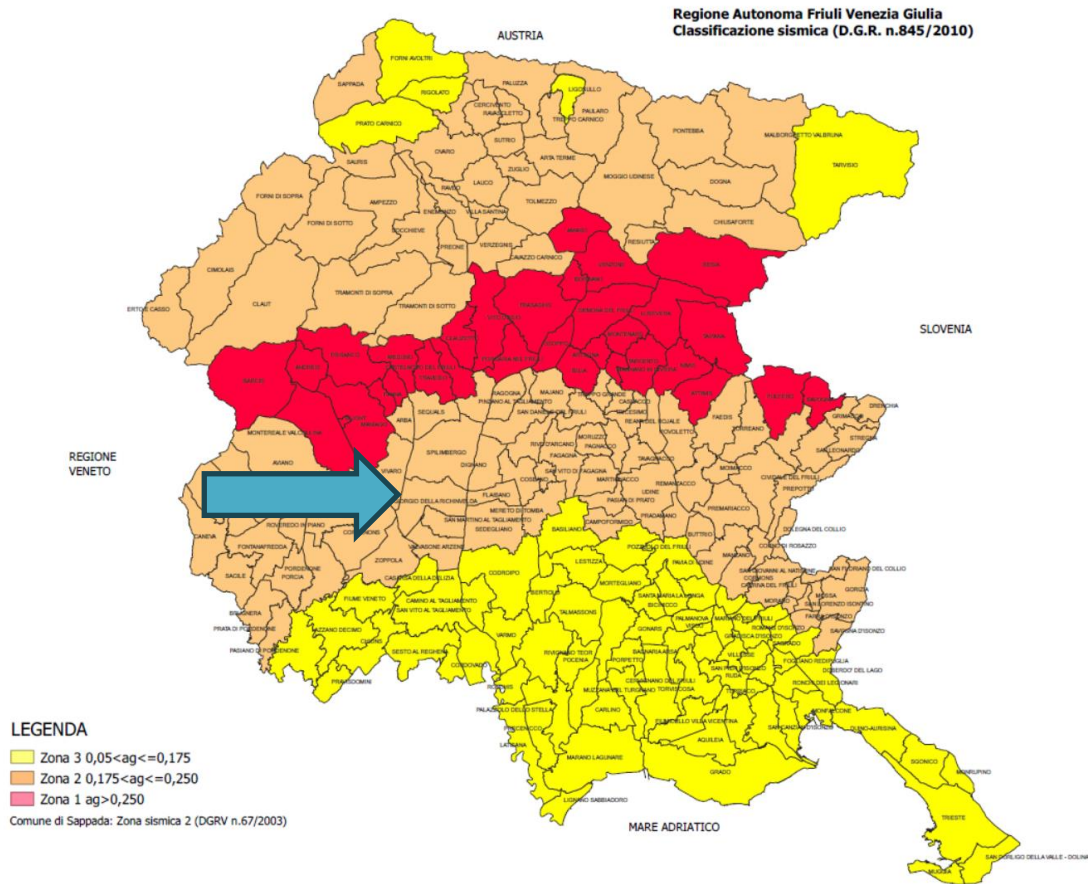


Figura 2: Zonizzazione sismica Friuli Venezia Giulia.

4.3.2. Spettri di risposta

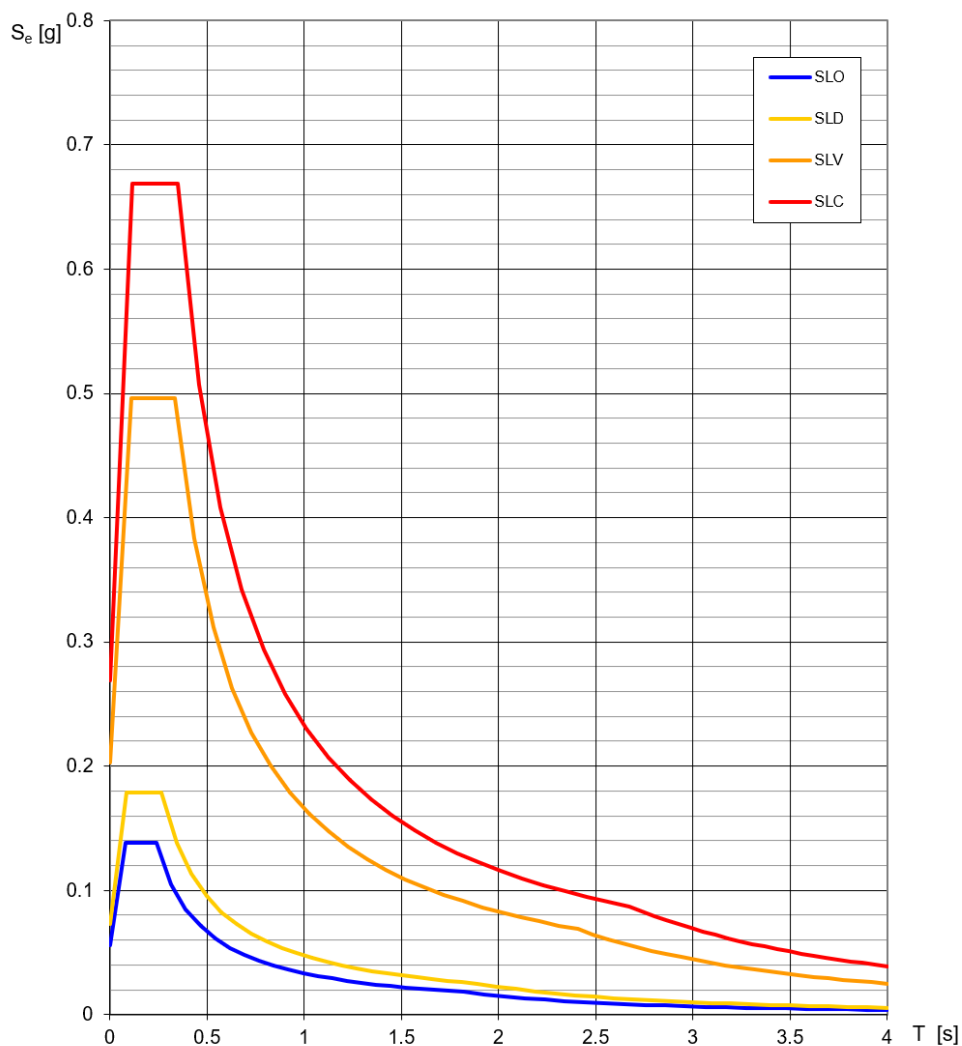


Figura 3: Spettri di risposta Stato limite

5. CARICHI DI PROGETTO

5.1. Pesi specifici

Pesi materiali strutturali

normativa di riferimento

NTC18, §3.1.2

calcestruzzo ordinario	γ_C	24,0	kN/m ³
calcestruzzo armato	γ_{CA}	25,0	kN/m ³
calcestruzzo leggero	γ_{CL}	16,0	kN/m ³
malta di cemento	γ_{MC}	21,0	kN/m ³
acciaio	γ_A	78,5	kN/m ³
laterizio	γ_{LAT}	18,0	kN/m ³
legno	γ_{LE}	5,0	kN/m ³
acqua	γ_{AC}	10,0	kN/m ³

5.2. Carichi permanenti

Carichi permanenti di progetto

COPERTURA CON STRUTTURA PORTANTE IN ACCIAIO

<u>permanente strutturale</u>			
	strutture in acciaio	0.20	kN/m ²
	g_1	0.20	kN/m ²

<u>permanente non strutturale</u>			
	greca	0.05	kN/m ²
	fotovoltaico	0.15	kN/m ²
	g ₂	0.20	kN/m ²

5.3. Vento

5.3.1. Vento su palo illuminazione

Determinazione pressione da vento

Normativa

referimento normativo	NTC 2018 §3.3 e Circolare 2019	CNR DT 207.2008
-----------------------	--------------------------------	-----------------

Dati sito

regione	zona	area	classe di rugosità	esp.	
Friuli Venezia Giulia (GO, PN, UD)	1	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D	C	III	
altitudine slm	a _s	150 m slm	coefficiente di quota	k _s	0.01
velocità riferimento al livello del mare	v _{b,0}	25 m/s	coefficiente di altitudine	c _a	1
altezza di riferimento	a ₀	1000 m slm	velocità di riferimento	v _b	25.0 m/s

Il calcolo della pressione agente sul palo dell'illuminazione è determinato sulla base delle indicazioni del paragrafo G.10.6 della CNR DT20.2008.

Caratteristiche geometriche

altezza della costruzione	h	8.0 m	diametro base del palo	D _B	160 mm
			diametro punta del palo	D _P	60 mm
			diametro del palo (h = z _{min})	D _{zmin}	104 mm

Parametri generali del vento

densità aria	ρ	1.25 kg/m ³	coeff. di topografia	c _t	1.00
pressione cinetica di riferimento				c _{e(z_{min})}	1.71
	q _r = 1/2 ρ v _b ²	0.39 kN/m ²	coeff. di esposizione	c _{e(h)}	2.07
	k _r	0.20	coeff. dinamico	c _d	1.00
parametri sito	z ₀	0.10 m	coeff. d'attrito	c _f	0.02 scabra
	z _{min}	5.00 m			

Parametri generali del vento

viscosità cinematica dell'aria (CNR 207 - 3.3.7)	v _{aria}	1.50E-05	coefficiente di profilo medio (3.6a/b)	c _m	0.90
velocità media del vento	v _m	22.5 m/s	scabrezza della superficie (Tabella G.XVII)	k	0.2 mm
diametro			D _B	D _P	D _{zmin}
numero di Reynolds	Re = v _m D/v _{aria}		239990	89996	156660
snellezza per sezioni circolari (Tabella G.XIX)	λ = h/D		56.3	150.0	86.2
rapporto	k/d		0.0013	0.0033	0.0019

coefficienti di forza curva A (G.22a)	$C_{fX0,A}$	0.81	1.20	1.20
coefficienti di forza curva B (G.22b)	$C_{fX0,B}$	0.74	0.74	0.74
coefficienti di forza ideale (Figura G.51)	C_{fX0}	0.81	1.20	1.2
coefficiente di snellezza	Ψ_{λ}	0.89	0.99	0.93
coefficienti di forma (Capitolo G.10.1)	C_{fX}	0.72	1.19	1.12

PRESSIONE DEL VENTO SUL PALO		CNR DT-207/2008 §G.10.6	
pressione del vento fino a Z_{min}	$p = q_r C_e(Z_{min}) C_{f,x} C_d$	0.75	kN/m ²
pressione del vento fino a h	$p = q_r C_e(h) C_{f,x} C_d$	0.96	kN/m ²

L'azione sismica risulta inferiore rispetto all'azione del vento pertanto trascurabile ai fini delle verifiche.

5.4. Spinta del terreno

Per la valutazione del momento stabilizzante si tiene conto della spinta laterale del terreno sul plinto. Questa è valutata secondo la teoria di Rankine, adottando il caso di spinta passiva. La forza totale vale

$$F_{t,h} = 1/2 \gamma K_p c^2 b$$

dove:

- γ è il peso specifico del terreno;
- K_p è il coefficiente di spinta passiva secondo Rankine;
- c è l'altezza del plinto;
- b è la larghezza del plinto in direzione ortogonale alla forza.

La spinta è applicata a una quota dal piano di fondazione pari ad 1/3 dell'altezza. La spinta passiva del terreno viene moltiplicata inoltre per un fattore riduttivo pari a 0,5.

5.5. Combinazioni per le verifiche geotecniche sulle opere di fondazione

Le verifiche sono condotte seguendo le regole imposte al §6.4.2.1 delle NTC2018:

- la verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2 M2 R2) dell'Approccio 1;
- le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo la Combinazione 1 (A1 M1 R3) dell'Approccio 2.

Il coefficiente parziale per le verifiche geotecniche sono i seguenti:

- carico limite è pari a 2,30;
- scorrimento è pari a 1,10;
- ribaltamento è pari a 1,15.

Udine, 30 gennaio 2026

i progettisti
dott. ing. Cristiano Roselli della Rovere
dott. ing. Ilaria Cimarosti