







Impianto agrivoltaico		oggetto
Progettazione impianto agrivoltaico BOARA presso il comune di Ferrara (FE)		
Rel. Prelimin. Strutture fondazione		riferimento
C50PCR03a		commessa
C50PCR03a_Rel Prelim Strutture fondazione		elaborato
		Firma cliente
 Taddeo srl		committente
Via Vittorio n° 20 48018 – Faenza (RA)		
 energy and environment www.stream21.it Sede Legale e Operativa: Piazza della Vittoria 8 - Brescia P.Iva e C.F.: 02754830301 T. (+39) 030.2381551 @ info@stream21.it		attività di coordinamento di ingegneria
<small>Per. Ind. Vittorio Volpi Per. Ind. Gianpaolo Canova Per. Ind. Federico Alessio Canova Per. Ind. Valentina Leoni Per. Ind. Andrea Tagliani Per. Ind. Marco Mor</small>  trendenergy Società tra Professionisti s.r.l. <small>Sede Legale ed Operativa: Via Papa Paolo VI, 15 - 25018 Montichiari (BS) Tel. +39 030 2061703 - Fax +39 030 2061710 P. Iva e C.F. 03342160987 e-mail: info@trendenergy.it www.trendenergy.it</small> ISO 9001:2015 Numero registrazione: CH-52496  		attività di progettazione
Ing. Lucio Fattori Via Masaccio, 42 25034 Orzinuovi (BS)		timbro e firma progettista 
22 Dicembre 2022		data

rev	descrizione	data	redazione	verifica	approvazione
00	prima emissione	22/12/2022	CFA	CGP	CGP

1. Indice

1.	Indice.....	2
2.	Premessa.....	3
3.	Normative di riferimento.....	4
4.	Tipologia di struttura per cabinati metallici.....	5
5.	Opere di fondazione dei cabinati.....	8
6.	Analisi del terreno di fondazione.....	9
7.	Azioni di calcolo.....	11
	7.1 Analisi dei carichi.....	11
	7.2 Condizioni di carico.....	11
	7.3 Caratteristiche e sismicità del sito.....	12
	7.4 Azioni di vento, neve e temperatura.....	14
	7.5 Carichi agenti – cabinati metallici.....	16
8.	Relazione sui materiali.....	17
9.	Dimensionamento e verifica elementi strutturali.....	18
10.	Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera.....	23
	10.1. Premessa.....	23
	10.2 Descrizione dell'elemento strutturale: Opere di fondazione.....	25
11.	Conclusioni.....	26

Il presente documento, è stato redatto in osservanza a quanto previsto al punti 10.1 e 10.2 del D.M.
17 gennaio 2018 : *Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.*

2. Premessa

Il progetto prevede la produzione di energia elettrica mediante la realizzazione di apposito parco agrovoltaiico denominato "BOARA" a cura della società TADDEO S.r.L.

Il progetto intende realizzare un impianto a terra per la produzione di energia elettrica rinnovabile da fonte solare (fotovoltaico) con sistema di inseguimento monoassiale est-ovest da realizzarsi su terreno situato a est dell'abitato di Ferrara, delimitato a nord-ovest da Strada Provinciale n. 2, a sud da strada ponderale.

L'impianto sarà destinato alla produzione di energia elettrica ed opererà in parallelo alla rete elettrica del distributore locale per la vendita dell'energia prodotta, ed avrà una potenza di picco pari a 72.235,8 kWp ed una potenza in immissione in rete di 70.000,0 kW.

L'area degli interventi è collocata in Comune di Ferrara, fra le strade provinciali n. 2 e n. 20, in territorio agricolo.

Nell'area di intervento sono dislocate cabine elettriche prefabbricate in acciaio disposte su platee di calcestruzzo, con lo scopo di alloggiare componentistica di processo e sistemi di controllo.

La relazione tecnica espone il predimensionamento delle strutture di fondazione delle cabine prefabbricate. In fase di progetto esecutivo, lo schema strutturale potrebbe essere oggetto di modifiche, in funzione della scelta definitiva della tipologia strutturale e alla luce dei risultati delle scelte esecutive dettate da altre esigenze esterne.



Immagine satellitare con inquadramento dell'area di installazione campo agrovoltaiico

3. Normative di riferimento

La normativa italiana cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- D.M. 17 Gennaio 2018. "Norme Tecniche per le costruzioni 2018".
- Circolare del 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP.

Gli interventi privi di rilevanza nei riguardi della pubblica incolumità, ai sensi dell'art. 94 bis, comma 1, lettera c) del D.P.R. 380/2001, a seguito delle modifiche introdotte dalla L. 156/2019, sono gli interventi che, per loro caratteristiche intrinseche e per destinazione d'uso, non costituiscono pericolo della pubblica incolumità.

Rientrano in questa categoria gli interventi relativi ad elementi che non presentano rigidità, resistenza e massa tali da risultare significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone.

Per la classificazione dell'opera dal punto di vista della normativa regionale si faccia riferimento alla Delibera Giunta Regionale Emilia-Romagna n. 2272/2016 che prevede l'individuazione di interventi privi di rilevanza ai fini sismici:

Allegato 1 Interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici

...

2. Elenco degli interventi

A. Nuove costruzioni prive di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici

...

A.3. Manufatti, strutturalmente autonomi, adibiti a servizi, impianti tecnologici, ricovero animali e simili

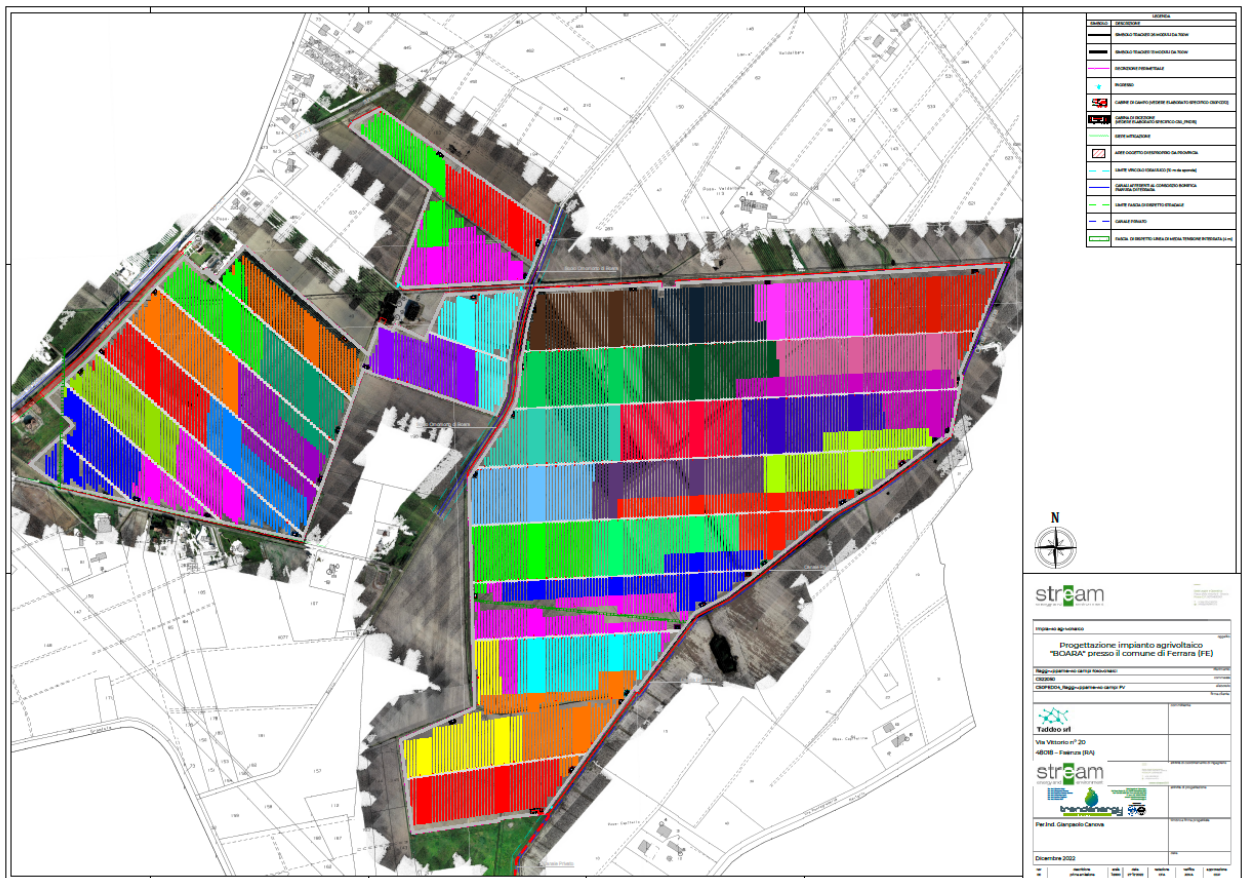
A.3.2. a) Locali per impianti tecnologici ad un solo piano con superficie ≤ 20 m² e altezza ≤ 3 m. (L1)

I manufatti delle cabine metalliche rientrano nella definizione precedente e sono pertanto esclusi dalle seguenti verifiche relative esclusivamente all'impianto fondazionale.

4. Tipologia di struttura per cabinati metallici

La struttura per i cabinati metallici (non oggetto della presente relazione in quanto non soggetti a classificazione come elementi strutturale) è realizzata in acciaio, con telaio in elementi saldati e tamponamenti leggeri.

Le strutture di sostegno saranno distanziate a seconda delle esigenze funzionali, e disposte nel sito di intervento come da schema seguente (si faccia riferimento alle tavole complete per miglior localizzazione).



Localizzazione cabine metalliche

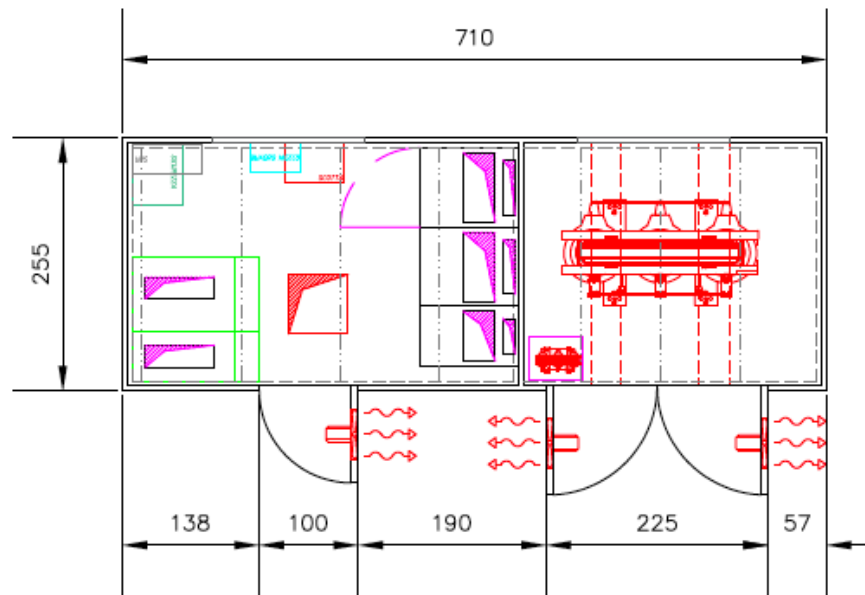
Si considerano pertanto i seguenti dati dimensionali, riferiti ad una soluzione tipologica presente sul mercato, da valutare in fase realizzativa per disponibilità e conformità normativa aggiornata e/o funzionale:

Dimensioni

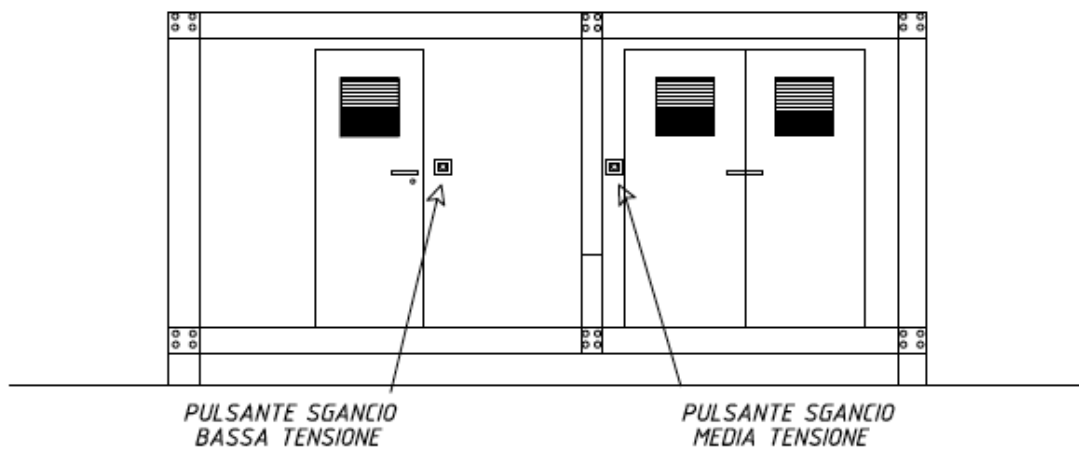
Base	2,55 m
Larghezza	7,10 m
Altezza	3,20 m
Volume totale	57,94 mc
Superficie totale	18,11 mq

Le dimensioni sopra riportate verificano quanto esposto in paragrafo 2 della presente relazione.

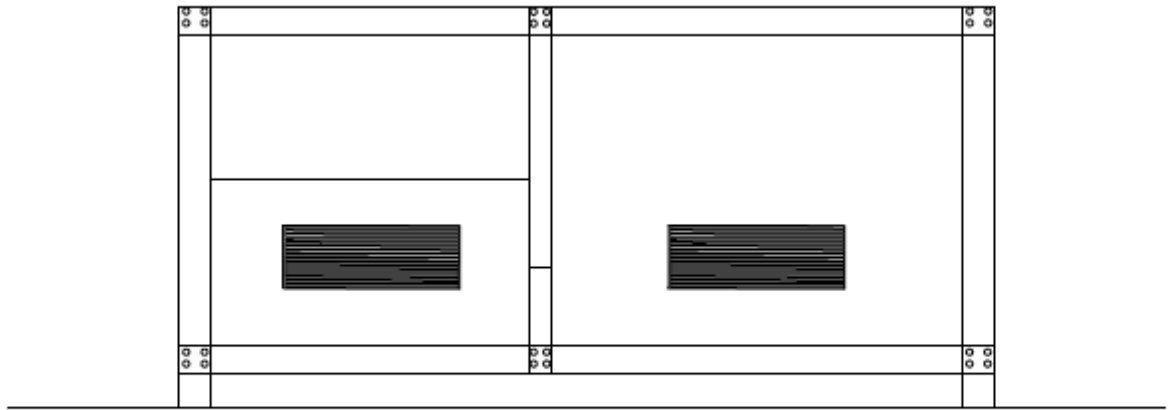
Gli schemi grafici di riferimenti sono di seguito indicati.



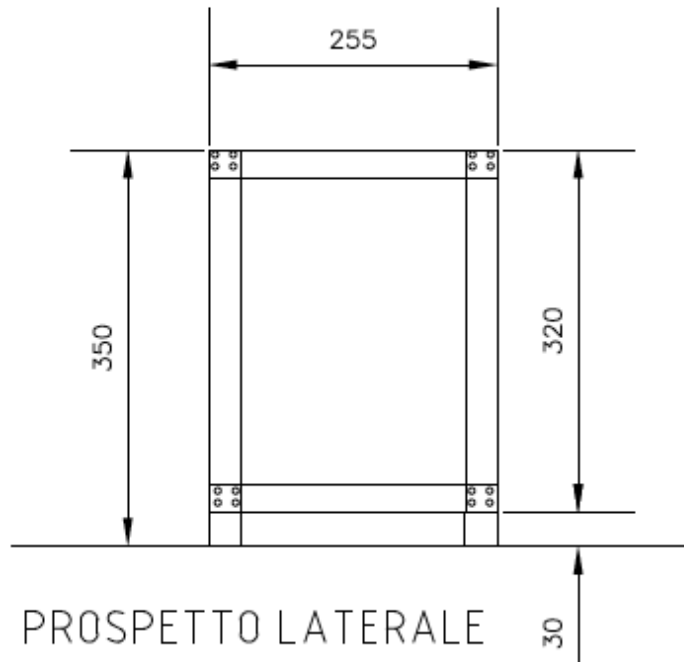
PIANTA



PROSPETTO ANTERIORE



PROSPETTO POSTERIORE



PROSPETTO LATERALE

Schemi grafiche cabine prefabbricate (schemi tipologici)

5. Opere di fondazione dei cabinati

La progettazione delle opere di fondazione dei cabinati è strettamente legata alla conoscenza delle caratteristiche litostratigrafiche dell'area oggetto di intervento. L'analisi condotta all'interno dello studio geologico allegato al presente progetto, basato in parte su dati di letteratura e in parte su dati provenienti da studi geologici realizzati sulle aree di intervento, permette di eseguire le valutazioni progettuali e sulla sicurezza dell'opera.

Si adotta il modello geologico e le relative informazioni contenute nella relazione geologica redatta dal dott. Geol. Gianluca Nascimbene in data novembre 2022, i cui valori fondamentali sono di seguito riportati.

La fondazione dei cabinati sarà realizzata con platea in c.a., posta con estradosso a quota +0.05 rispetto al p.c. (per evitare fenomeni di ristagno di acqua e danneggiamento delle strutture metalliche dei cabinati) e posizionamento di magrone tra intradosso platea e fino al raggiungimento di idonea stratigrafia di supporto.

Al fine di garantire il grado di sicurezza e prestazione previsto dalla norma, l'edificio in oggetto è stato progettato per la seguente condizione:

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Come di seguito sviluppato si adotta vita nominale 50 anni e classe d'uso 2, coefficiente d'uso 1.

6. Analisi del terreno di fondazione

È presente una relazione geologica relativa al sito in oggetto redatta dal dott. geol. Gianluca Nascimbene in data novembre 2022, a cui si fa riferimento per i parametri di interesse.

Coerentemente con le indicazioni della relazione geologica, il terreno si considera classificato come di categoria D (condizione peggiorativa, come da “Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo”, NTC2018) e categoria topografica T1.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Il Coefficiente topografico è assunto T1 (come da “Tabella 3.2.III – Categorie topografiche”, NTC2018).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

È esclusa nella relazione geologica una possibile interferenza della falda con l'opera in costruzione. (All'interno dell'area di studio . stata rilevata inoltre la falda alla profondit. circa 1,60-2,00 m dall'attuale piano campagna (ottobre 2022))

Il rischio di liquefazione è stato valutato. Dall'analisi della verifica al potenziale di liquefazione eseguita per le due prove CPTU profonde 20 m I risultati del calcolo indicano un potenziale di liquefazione da basso (CPTU 1) ad elevato (CPTU 2). Tale dato è confermato dallo studio geologico comunale in cui le verifiche (eseguite su differenti prove CPTU su tutto il territorio comunale) hanno evidenziato un potenziale di

liquefazione variabile da basso ($I_p < 5$) ad un potenziale elevato ($I_p > 5$) L'intervento in progetto deve realizzarsi verificando di intercettare lo strato di terreno "limo argilloso sabbioso" procedendo fino al termine del fronte di terreno vegetale, definito in relazione non idoneo alla posa delle fondazioni.

7. Azioni di calcolo

7.1 Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata eseguita in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del Norme Tecniche sulle Costruzioni del 2018 (NTC2018).

In particolare, è stato fatto riferimento alle Tabelle 3.1.I e 3.1.II del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali e per la quantificazione e classificazione dei sovraccarichi.

Il peso proprio delle strutture viene calcolato considerando che il calcestruzzo abbia un peso specifico pari a 2.500 kg/m^3 , l'acciaio 7850 kg/m^3 ed il terreno (a favore di sicurezza) 1.800 kg/m^3

7.2 Condizioni di carico

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 e che qui si riporta:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad (3.2.16)$$

7.3 Caratteristiche e sismicità del sito

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Ferrara
Comune	Ferrara
Zona sismica amministrativa	Zona sismica 3 (zona a bassa sismicità)
Categoria del suolo	D
Categoria topografica	T1
Falda	- 1,60 / - 2,00 m
Fenomeno della liquefazione	Valutato

Peso di volume del terreno	$\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi = 29^\circ$

Secondo l'approccio normativo (paragrafo 6.2.4 NTC2018), le verifiche geotecniche devono essere condotte come segue (Metodo 1 o Metodo 2):

Metodo 1 – Combinazione 1: A1 + M1 + R1

Metodo 1 – Combinazione 2: A2 + M2 + R2

Metodo 2 – Combinazione 1: A1 + M1 + R3

Dove A1 e A2, M1 e M2, R1, R2 e R3 sono i coefficienti di sicurezza parziali definiti da normativa rispettivamente per i carichi agenti sulla sovrastruttura, i parametri caratteristici del terreno e la capacità portante/scorrimento delle fondazioni.

Per quanto riguarda le fondazioni superficiali (paragrafo 6.4.2 NTC2018) le verifiche devono essere condotte secondo il Metodo 2 – Combinazione 1: A1 + M1 + R3 in cui le azioni della sovrastruttura devono essere considerate con i normali coefficienti di sicurezza allo SLU (A1) e la resistenza del terreno M1 debba essere ridotta (R3 = 2,3).

Capacità portante

Capacità portante di una fondazione nastriforme 1,00 x 4,00 mq con sp. 0,25 m, piano di posa media a circa -0,60 m dal piano campagna, calcolata con formula di Terzaghi e coefficiente di forma di Vesic.

Il terreno interessa dalle fondazioni è quello identificato come Orizzonte A dalla relazione geologica citata.

Carico limite (SLU SLV SLU eccezionali- CS (R3) =2,3)	$\sigma_{lim} = 1,33 \text{ kg/cm}^2$
---	---------------------------------------

SLU – SLV

DATI DI PROGETTO			
Formula di Terzaghi		T	
Angolo di attrito interno del terreno sotto la fondazione	ϕ (deg)	29,00	
Coesione del terreno sotto la fondazione	c (kN/mq=kPa)	0,00	
Peso di volume del terreno sotto la fondazione	γ (kN/mc)	16,00	
Peso di volume del terreno ai lati della fondazione	γ (kN/mc)	16,00	
Dimensione minore della fondazione	B (m)	1,00	
Dimensione maggiore della fondazione	L (m)	4,00	
Profondità del piano di posa	D (m)	0,60	
Eccentricità del carico parallelamente a B	eB (m)	0,00	
Eccentricità del carico parallelamente a L	eL (m)	0,00	
Profondità della falda	w (m)	-	
Coefficiente di sicurezza SLE - SLD	Fs	3	
Coefficiente di sicurezza SLU - SLV	Fs	2,30	
Larghezza effettiva della fondazione	$B' = B - 2eB$ (m)	1,00	
Lunghezza effettiva della fondazione	$L' = L - 2eL$ (m)	4,00	
Fattore di capacità portante Nq		16,44	
Fattore di capacità portante Nc		27,86	
Fattore di capacità portante Ny		19,34	
Coefficienti di forma (Marino o Vesic)		V	
Fattore di forma della fondazione sq		1,00	
Fattore di forma della fondazione sc		1,05	
Fattore di forma della fondazione sy		0,95	
			in kg/cmq
Capacità portante	q _{lim} (kN/mq)	304,82	3,05
Carico ammissibile SLE - SLD	q _{amm} (kN/mq)	101,61	1,02
Carico ammissibile SLU - SLV	q _{amm} (kN/mq)	132,53	1,33
Carico limite	Q _{lim} (kN)	1219,30	
Modulo di Reazione (o Coefficiente di sottofondo)	ks (kN/mc)	10603	
Modulo di Reazione (o Coefficiente di sottofondo)	ks (kg/cmcc)	1,06	

7.4 Azioni di vento, neve e temperatura

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Località: FERRARA

Provincia: FERRARA

Regione: EMILIA-ROMAGNA

Coordinate GPS:

Latitudine : 44,83600 N

Longitudine: 11,61800 E

Altitudine s.l.m.: 9,0 m

CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

NEVE:

Zona Neve = II

Periodo di ritorno, $T_r = 50$ anni

$C_{tr} = 1$ per $T_r = 50$ anni

C_e (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo = $q_{sk} C_e C_{tr} = 100$ daN/mq

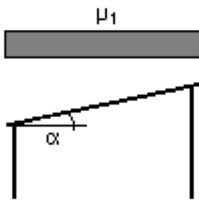
Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 0,0^\circ$

- Copertura piana $W = 2.5$ m, $L = 7.1$ m $\Rightarrow L_c = 4.2$, $C_{ef} = 1.000$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 80$ daN/mq

Schema di carico:



VENTO:

Zona vento = 2

Velocità base della zona, $V_{b.o} = 25 \text{ m/s}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona, $A_o = 750 \text{ m}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito, $A_s = 9 \text{ m}$

Velocità di riferimento, $V_b = 25,00 \text{ m/s}$ ($V_b = V_{b.o}$ per $A_s \leq A_o$)

Periodo di ritorno, $T_r = 50 \text{ anni}$

$C_r = 1$ per $T_r = 50 \text{ anni}$

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b C_r = 25,00 \text{ m/s}$

Classe di rugosità del terreno: D

[Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)]

Esposizione: Cat. II - Entrotterra fino a 500 m di altitudine

($K_r = 0,19$; $Z_o = 0,05 \text{ m}$; $Z_{min} = 4 \text{ m}$)

Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 39 \text{ daN/mq}$

Coefficiente di forma, $C_p = 1,00$

Coefficiente dinamico, $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione, $C_e = 1,80$

Coefficiente di esposizione topografica, $C_t = 1,00$

Altezza dell'edificio, $h = 3,50$ m

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 70$ daN/mq

TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA:

Zona: I

$T_{\min} = -15.04^\circ$ [NTC 3.5.1]

$T_{\max} = 41.95^\circ$ [NTC 3.5.2]

7.5 Carichi agenti – cabinati metallici

Il cabinato cablato ha la funzione di cabina elettrica di trasformazione. Ha un'impronta di base di 2,55 m x 7,10 m. Non sono note le azioni agenti in quanto non è stato ancora definito il fornitore, si procede quindi con la seguente analisi dei carichi agenti finalizzata a massimizzare le azioni in fondazione.

- Carico permanente strutturale platea: spessore 25 cm calcestruzzo e strato di magrone (ipotizzato spessore 25 cm)
- Peso proprio elementi strutturali: ai fini del calcolo le pareti sono ipotizzate di spessore medio 10 cm e la copertura di spessore 15 cm.
- Carichi permanenti non strutturali: si ricava la posizione di apparecchiature come da schema cabinato tipo.
- Carichi accidentali: si adotta il valore di 200 kg/m² per la presenza di personale e manutentori con materiale di servizio.
- Carico neve e vento come indicato nel paragrafo precedente

8. Relazione sui materiali

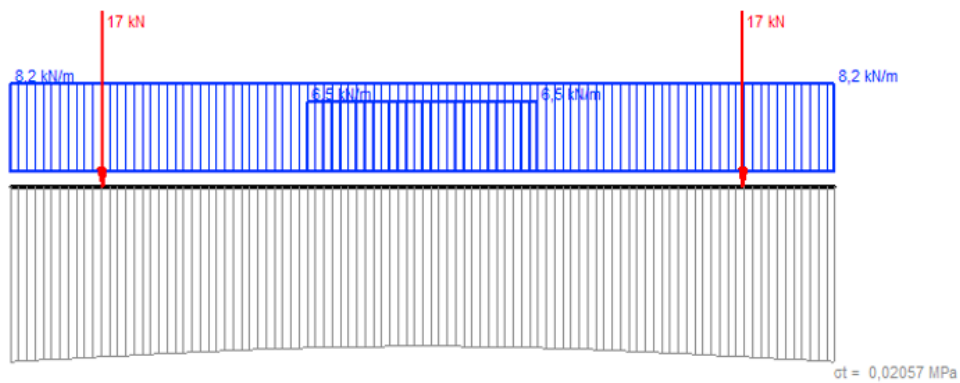
Le resistenze di progetto dei materiali risultano essere le seguenti:

Calcestruzzo C25/30	
Resistenza caratteristica	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0,83 R_{ck} = 24,90 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di progetto	$f_{cd} = a f_{ck} / g_c = 0,85 \times 24,90 / 1,50 = 14,11 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità	$E_c = 30.440 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione (conforme UNI 11104)	XC2
Rapporto a/c	0,6
Contenuto minimo di cemento	300 kg/m ³
Diametro massimo inerte	20 mm

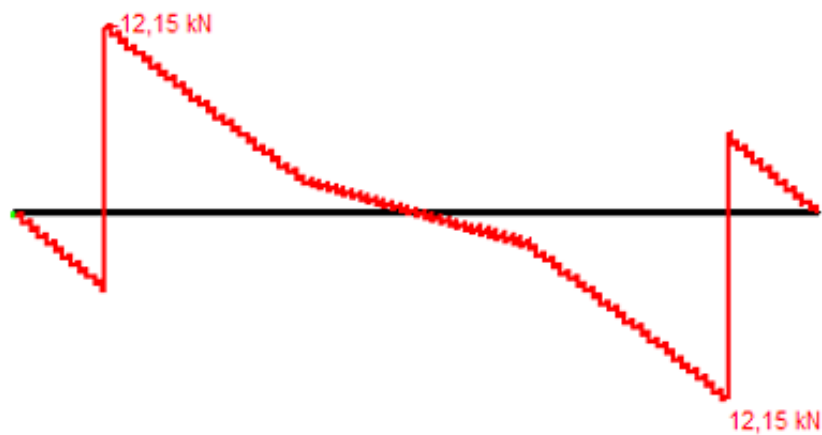
Armatura B450C ad aderenza migliorata	
Tensione di snervamento caratteristico	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione di snervamento di progetto	$f_{yd} = f_{yk} / g_s = 391,30 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità	$E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$

9. Dimensionamento e verifica elementi strutturali

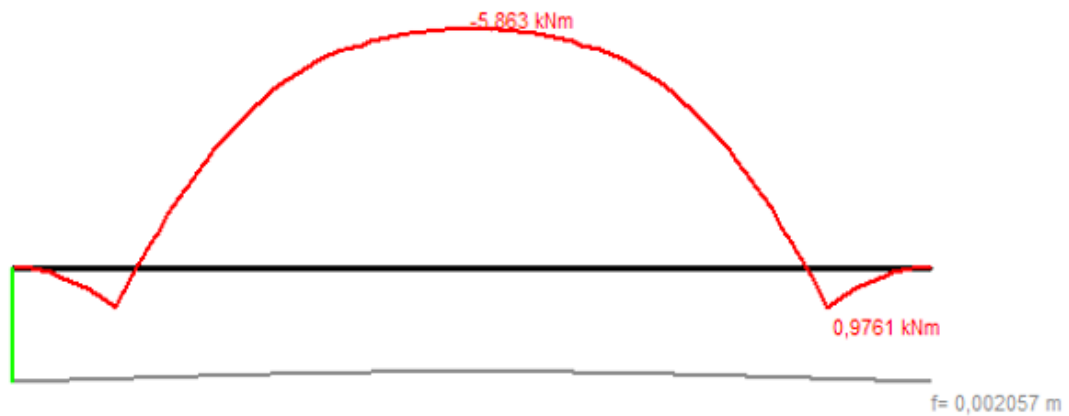
Si sviluppa la sezione di un metro di platea con i carichi come da considerazioni del paragrafo precedente. Si individua la sezione dimensionante come quella che intercetta la posizione del trasformatore, ipotizzato con un'impronta di 1 m x 1 m. Si ipotizza un suolo con comportamento elastico alla Winkler e $K=1$ daN/cm³. Si schematizzano le azioni per una porzione di calcolo pari a 100 cm.



Sezione trasversale - Carichi agente e reazione terreno



Sezione trasversale - Diagramma taglio sollecitante platea



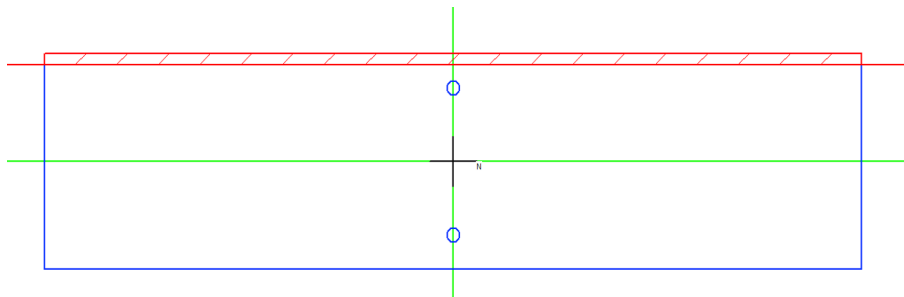
Sezione trasversale - Diagramma momento sollecitante platea

L'azione sollecitante massima sul terreno è pari a 0,022 Mpa, ovvero 0,22 kg/cm².

Per la verifica della sezione di platea agli SLV e SLU della fondazione si incrementano le azioni del 10% e si verifica che la sezione resti in campo elastico.

Pertanto, con i valori massimi, $M_{soll} = 5,86 \text{ kNm} \times 1,1 = 6,44 \text{ kNm}$.

Il tasso di lavoro dell'acciaio considerato nel calcolo per la verifica è $f_y / \gamma_s = 450 \text{ N/mm}^2 / 1,15 = 391,3 \text{ N/mm}^2$.



Sezione reagente

Titolo :

N° strati barre

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

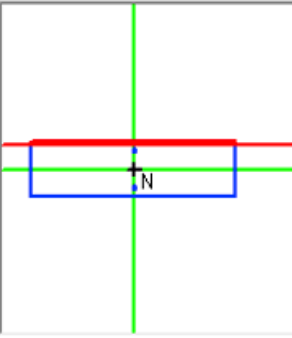
N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,01	4
2	2,01	21

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} <input type="text" value="67,5"/> ‰	ϵ_{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f_{yd} <input type="text" value="391,3"/> N/mm ²	ϵ_{cu} <input type="text" value="3,5"/> ‰
E_s <input type="text" value="200.000"/> N/mm ²	f_{cd} <input type="text" value="14,17"/> ‰
E_s/E_c <input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd} <input type="text" value="0,8"/> ?
ϵ_{syd} <input type="text" value="1,957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="9,75"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ_{co} <input type="text" value="0,6"/>
	τ_{c1} <input type="text" value="1,829"/>

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ϵ_c ‰

ϵ_s ‰

d cm

x x/d

δ

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett.

L₀ cm

Precompresso

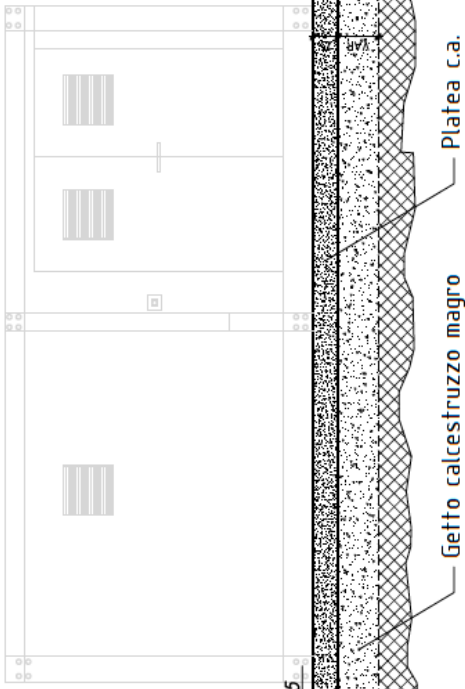
Riassunto dati di verifica a momento flettente

Taglio senza staffe				
Base trave		b	[cm]	100
Altezza trave		h	[cm]	25
Copriferro		c	[cm]	4
Alteza utile		d	[cm]	21
n. ferri longitudinali totale		-		4
Area ferro longitudinale singolo		Asl (1)	[cmq]	0,5
Armatura longitudinale totale		Asl	[cmq]	2
rapporto geometrico armatura long.		ρ_l		0,001
rck			[N/mm ²]	30,00
fck			[N/mm ²]	24,90
effetto ingranamento		k		1,976
coefficiente di sicurezza		γ		1,50
Vrd A			[kN]	66,40
vmin				0,485
vmin x b x h			[kN]	101,87
vrd B			[kN]	101,87
vrd = max (vrd A; vrd B)			[kN]	101,87

Riassunto dati di verifica a taglio

La sezione risulta verificata disponendo una maglia di armatura $\Phi 8 / 25''/25''$ sia all'intradosso che all'estradosso e adottando calcestruzzo di classe C25/30.

Cabinato cablato marcato CE
come cabina elettrica di
trasformazione
(da verificare a seguito di
definizione del fornitore)



Nota: la quota di posa del
piano di appoggio del
cabinato da verificare a
seguito analisi pendenze e
di concerto con
installatore

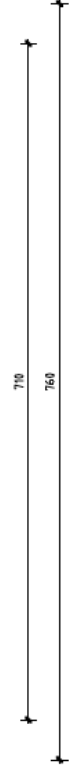
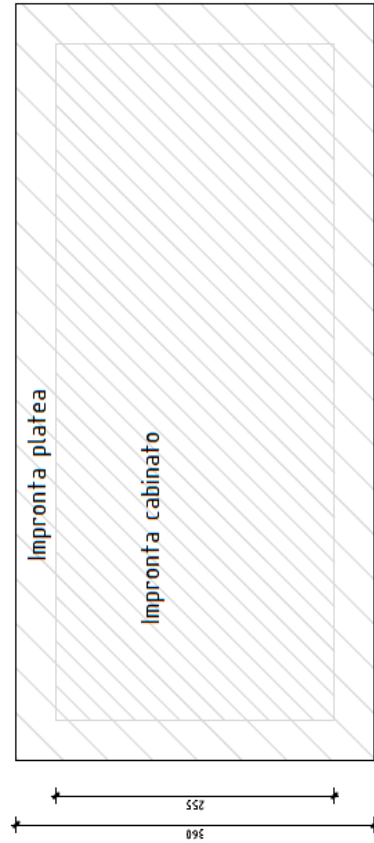
Platea c.a.
sp. 25 cm

Getto calcestruzzo magro
dallo strato di terreno
idoneo fino a quota -20 cm
rispetto al p.c.

Terreno vegetale
non idoneo alla posa
delle fondazioni

Terreno idoneo alla posa
delle fondazioni

Nota: le geometrie e gli
ingombri saranno da
verificare a cura della D.L.
a seguito della conferma
della tipologia di cabinato
adottato e, se necessario,
si dovrà provvedere alla
modifica degli elaborati



CARPENTERIA CABINATO

10. Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera

Il presente piano di manutenzione è stato redatto ai sensi del D.M. 14.01.2008, art. 10.1.

10.1. Premessa

Il piano di manutenzione delle strutture è il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera l'attività di manutenzione, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

I manuali d'uso e di manutenzione rappresentano gli strumenti con cui l'utente si rapporta con l'immobile: direttamente utilizzandolo evitando comportamenti anomali che possano danneggiarne o comprometterne la durabilità e le caratteristiche; attraverso i manutentori che utilizzeranno così metodologie più confacenti ad una gestione che coniughi economicità e durabilità del bene.

A tal fine, i manuali definiscono le procedure di raccolta e di registrazione dell'informazione nonché le azioni necessarie per impostare il piano di manutenzione e per organizzare in modo efficiente, sia sul piano tecnico che su quello economico, il servizio di manutenzione.

Il manuale d'uso mette a punto una metodica di ispezione dei manufatti che individua sulla base dei requisiti fissati dal progettista in fase di redazione del progetto, la serie di guasti che possono influenzare la durabilità del bene e per i quali, un intervento manutentivo potrebbe rappresentare allungamento della vita utile e mantenimento del valore patrimoniale. Il manuale di manutenzione invece rappresenta lo strumento con cui l'esperto si rapporta con il bene in fase di gestione di un contratto di manutenzione programmata.

Il programma infine è lo strumento con cui, chi ha il compito di gestire il bene, riesce a programmare le attività in riferimento alla previsione del complesso di interventi inerenti la manutenzione di cui si presumono la frequenza, gli indici di costo orientativi e le strategie di attuazione nel medio e nel lungo periodo.

Il piano di manutenzione è organizzato nei tre strumenti individuati dall'art. 40 del regolamento LLPP ovvero:

- a) il manuale d'uso;
- b) il manuale di manutenzione;
- c) il programma di manutenzione:

c1) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;

c2) il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;

c3) il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

Tali strumenti devono consentire di raggiungere, in accordo con quanto previsti dalla norma "UNI 10874 Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione" almeno i seguenti obiettivi, raggruppati in base alla loro natura:

1. Obiettivi tecnico – funzionali:

- istituire un sistema di raccolta delle "informazioni di base" e di aggiornamento con le "informazioni di ritorno" a seguito degli interventi, che consenta, attraverso l'implementazione e il costante aggiornamento del "sistema informativo", di conoscere e mantenere correttamente l'immobile e le sue parti;
- consentire l'individuazione delle strategie di manutenzione più adeguate in relazione alle caratteristiche del bene immobile ed alla più generale politica di gestione del patrimonio immobiliare;
- istruire gli operatori tecnici sugli interventi di ispezione e manutenzione da eseguire, favorendo la corretta ed efficiente esecuzione degli interventi;
- istruire gli utenti sul corretto uso dell'immobile e delle sue parti, su eventuali interventi di piccola manutenzione che possono eseguire direttamente; sulla corretta interpretazione degli indicatori di uno stato di guasto o di malfunzionamento e sulle procedure per la sua segnalazione alle competenti strutture di manutenzione;
- definire le istruzioni e le procedure per controllare la qualità del servizio di manutenzione.

2. Obiettivi economici:

- ottimizzare l'utilizzo del bene immobile e prolungarne il ciclo di vita con l'effettuazione d'interventi manutentivi mirati;
- conseguire il risparmio di gestione sia con il contenimento dei consumi energetici o di altra natura, sia con la riduzione dei guasti e del tempo di non utilizzazione del bene immobile;
- consentire la pianificazione e l'organizzazione più efficiente ed economica del servizio di manutenzione.

Al termine dei lavori e del relativo certificato di collaudo, se previsto, le opere verranno consegnate al Committente dei Lavori. Restano a carico del Committente le attività di ispezione, gestione e manutenzione delle opere realizzate, rimanendo altresì a carico dell'appaltatore la garanzia per le difformità e i vizi dell'opera.

Il presente "Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera" è redatto ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 art. 10.1.

10.2 Descrizione dell'elemento strutturale: Opere di fondazione

Elementi del sistema edilizio atti a trasmettere al terreno le azioni esterne e il peso proprio della struttura.

MODALITA' DI CONTROLLO

- Controllo visivo atto a riscontrare possibili anomalie che precedano fenomeni di cedimenti strutturali.

PERIODICITA'

- Annuale.

PROBLEMI RISCONTRABILI

- Formazione di fessurazioni o crepe.
- Corrosione delle armature.
- Disgregazione del copriferro con evidenza barre di armatura

POSSIBILI CAUSE

- Alternanza di penetrazione e di ritiro dell'acqua.

TIPO DI INTERVENTO (in ogni caso consultare preventivamente un tecnico strutturale).

- Riparazioni localizzate delle parti strutturali.
- Ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato.
- Protezione dei calcestruzzi da azioni disgreganti.
- Protezione delle armature da azioni disgreganti.

STRUMENTI ATTI A MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'OPERA

- Vernici, malte e trattamenti speciali.
- Prodotti contenenti resine idrofuganti e altri additivi specifici.

A seguito di eventi straordinari, come per esempio eventi sismici sensibili, si raccomanda di eseguire un'analisi ricognitiva delle strutture al fine di evidenziarne possibili danneggiamenti non immediatamente visibili.

11. Conclusioni

Per quanto riportato nei vari paragrafi precedenti si riassume e si conclude che:

la relazione ha per oggetto la verifica delle fondazioni delle strutture portanti dei cabinati metallici al servizio dell'impianto;

- per il calcolo di predimensionamento delle fondazioni, di tipo preliminare, si sono definite le condizioni al contorno adottate nelle analisi e nelle verifiche facendo riferimento a indicazioni bibliografiche, pratiche di ingegneria usuali per interventi simili, conoscenza dello stato di fatto dei luoghi e metodologie adeguate a tale natura. Sicuramente si dovranno, nelle successive fasi di progettazione, verificare ed approfondire tali condizioni coerentemente alle susseguenti fasi di indagine;
- dal calcolo effettuato è stata avvalorata la possibilità di realizzare la fondazione delle strutture dei cabinati con platee in c.a. di spessore idoneo a sostenere i carichi dei cabinati (da definire a seguito di scelta tecnica e/o funzionale);
- la fattibilità delle opere previste, sia staticamente, che dal punto di vista operativo, funzionale e con riferimento alla caratterizzazione geologica del sito d'intervento, è assicurata per i dati al momento disponibili, previa verifica delle condizioni indicate dalle indagini da eseguirsi nelle fasi successive.

In fede,

Orzinuovi, 22/12/2022

Ing. Lucio Fattori

Via Masaccio, 42

25034 – Orzinuovi (BS)