

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE
DI 48.916,56 kWp
"LOTTO 9"

UBICATO NEL COMUNE DI LATIANO (BR)

CODICE IDENTIFICATIVO PRATICA AU REGIONALE: MU5A7M1

Titolo Elaborato:

RELAZIONE VERIFICA DEI CODICI DI CALCOLO

IDENTIFICAZIONE ELABORATO (MITE)

LIVELLO PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	CODICE IDENTIFICATIVO	DATA	SCALA
PD	R	MU5A7M1_STRU_01	DICEMBRE 2022	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	12/22	Prima emissione	Ing. Debora DELLEGROTtagLIE	Ing. Debora DELLEGROTtagLIE	Ing. Debora DELLEGROTtagLIE

TECNICO:

Ing. Debora Dellegrottaglie
Ordine degli Ingegneri
Provincia di Brindisi n.1814



PROPONENTE:

ELETTRA SOL S.R.L.
Via Mercato, 3
20121, Milano (MI) - Italy



PROGETTAZIONE:

NEXTA PROJECT DEVELOPMENT
Via Dante, 7
20123, Milano - ITALY

APULIA ENERGIA S.R.L.
Via Sasso, 15b
72023, Mesagne (BR) - ITALY



Sommario

1.	PREMESSA	2
1.1	GENERALITÀ.....	2
2.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	2
2.1	DESCRIZIONE DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI.....	2
2.2	DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI DELLE CABINE CON DESTINAZIONE IMPIANTISTICA	3
2.3	DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI DEL CANCELLO DI INGRESSO SITO	4
3.	DATI SIGNIFICATIVI DELL’ANALISI STRUTTURALE	5

1. PREMESSA

1.1 GENERALITÀ

Il presente documento costituisce la relazione di verifica dei codici di calcolo del progetto strutturale attinente alle opere realizzate nell’ambito dei lavori di costruzione di un impianto agrivoltaico, ubicato nel comune di Latiano (BR), denominato “Lotto 9” della potenza di 48.916,56 MWp; questo sarà realizzato con moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, con una potenza di picco di 660 Wp.

Committente del progetto è ELETTRA SOL S.R.L., con sede legale in Via Mercato, 3/5 - 20121 Milano (MI) e P.I. 12502450693.

Le opere descritte nei paragrafi successivi riguardano la progettazione della parte strutturale in acciaio, che costituisce il telaio strutturale di sostegno dei pannelli fotovoltaici, la progettazione degli elementi di fondazione per le cabine prefabbricate da installare all’interno del campo agrivoltaico e la progettazione delle opere di fondazione per gli elementi accessori quali il cancello d’ingresso al sito.

Il progetto strutturale, di cui il presente documento fa parte, è stato redatto in conformità alla normativa vigente in tale settore, ovvero il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, datato 17.01.2018, dal titolo “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” e la successiva Circolare Esplicativa del 21.01.2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

2.1 DESCRIZIONE DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI

I pannelli utilizzati per la realizzazione dell’impianto agri-voltaico sono caratterizzati da dimensioni pari 2384 mm per 1303 mm, con uno spessore di 35 mm. Sono assemblati in due tipologia di macro-moduli da 28 pannelli e da 56 pannelli. La dimensione complessiva di ogni singolo modulo misura rispettivamente circa 20,00 ml e 40 ml di lunghezza per una larghezza di circa 5,00 ml.

I pannelli sono montati su telai metallici mobili, che con l’ausilio dei tracker conferiscono una rotazione completa ai moduli, da est a ovest, pari a 120°, con inclinazione massima rispetto l’orizzontale di $\pm 60^\circ$; questi sono bloccati sul terreno mediante infissione di una serie di profili verticali in acciaio di grandi dimensioni.

Il campo agri-voltaico è costituito da una serie di strutture metalliche separate e indipendenti tra loro che si ripetono lungo tutta la superficie dell’impianto. Si descrive ora la geometria della struttura di sostegno di un singolo modulo da 56 pannelli: essa è costituita da n. 31 arcarecci con profilo tipo omega di dimensioni 80 x 50 x 30 x 3 mm (su cui verranno montati i pannelli fotovoltaici), con un interasse di 1303 mm.

Gli arcarecci sono collegati ad una trave scatolare con un profilo a “Q” di dimensioni 160 x 10 mm poggiata su pilastri HEA 240 infissi nel terreno (profondità variabile in funzione della morfologia del terreno). Su alcuni pilastri, sono montati dei bracci meccanici che permettono la rotazione dei pannelli.

I profili verticali presentano un interasse variabile tra circa 520 e 780 cm. Sono collegati tra loro con una trave principale realizzata con profilo a “Q” sagomato a freddo di dimensione 160 x 10 mm, che risulta incastrata in testa alle colonne.

Tutti gli elementi metallici sono realizzati con acciaio S275JR, compresi gli elementi di carpenteria per unioni e rinforzi. Per maggiori dettagli sulla geometria di tali elementi si possono invece consultare gli elaborati grafici che costituiscono l’oggetto dell’elaborato n. 6.

2.2 DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI DELLE CABINE CON DESTINAZIONE IMPIANTISTICA

All’interno dell’impianto fotovoltaico sono presenti cabine prefabbricate; le cabine che verranno installate sono delle tipologie seguenti:

- Cabina di raccolta con dimensioni in pianta pari a 33,00 x 6,50 m, altezza 4,00 m;
- Cabina di trasformazione con dimensioni in pianta pari a 6,05 x 2,89 m, altezza 2,43 m;
- Cabina MT/BT con dimensioni in pianta pari a 6,05 x 2,89 m, altezza 2,43 m;
- Cabina adibita a locale di videosorveglianza con dimensioni in pianta pari a 3,50 x 2,48 m, altezza 2,76 m;
- Cabina di stoccaggio con dimensioni in pianta pari a 12,20 m x 2,44 m, altezza 2,60 m;

Tali cabine essendo elementi prefabbricati non sono oggetto di calcolo in questo progetto.

Di seguito si riportano i dettagli strutturali delle fondazioni di tali cabine, da realizzare in situ. Per la posa delle cabine si effettua uno scavo caratterizzato da una profondità circa pari a 150 cm (variabile a seconda dello spessore dello strato superficiale da valutare in situ al momento delle lavorazioni). Al di sotto della vera e propria fondazione, sarà eseguito uno spianamento effettuato con calcestruzzo di classe C12/15 caratterizzato da uno spessore pari a 10 cm. La fondazione su di esso sarà costituita da una soletta di base, con dimensioni pari a quella della rispettiva cabina, con altezza di 40 cm per la cabina di raccolta e la cabina di trasformazione, e altezza 20 cm per la cabina di videosorveglianza, con copriferro pari a 4 cm e armata lungo la superficie superiore e inferiore con barre di diametro 12 mm ogni 20 cm nelle due direzioni. Su questa verranno posizionate le vasche di basamento prefabbricate in c.a., all'interno delle quali verranno allestite le predisposizioni impiantistiche. Tali vasche sono anch'esse fornite dal produttore della cabina.

Per la cabina di trasformazione ed MT/BT la fondazione sarà costituita da una soletta di base con dimensioni pari a quella della rispettiva cabina e altezza di 40 cm, con sei pilastri di dimensione 60 x 60 cm sui quali poggerà la sovrastruttura, mentre le vasche di raccolta olio verranno posate direttamente sulla soletta di base. L'armatura dei pilastri sarà composta da 12 armature longitudinali di diametro 14 mm, e staffe di diametro 8 mm con passo di 10 cm; la soletta di base sarà armata da barre longitudinali superiori e inferiori di diametro 12 mm ogni 20 cm nelle due direzioni, saranno inoltre previsti un infittimento in corrispondenza dei pilastri, riducendo il passo da 20 cm a 10 cm.

Per maggiori dettagli sulla geometria di tali elementi si possono invece consultare gli elaborati grafici che costituiscono l'oggetto dell'elaborato n. 7.

2.3 DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI DEL CANCELLO DI INGRESSO SITO

Come riportato nel layout generale, l'intera area di impianto sarà adeguatamente perimetrata tramite una recinzione costituita da reti in acciaio con pali di sostegno delle stesse. All'ingresso dell'impianto verrà realizzato un cancello a due ante in acciaio, realizzato con profilati zincati a caldo di adeguata sezione costituito da due montanti esterni ai quali verrà collegato. Le dimensioni del cancello sono di circa 4,75 m di lunghezza per 2,25 m di altezza circa. I montanti saranno

costituiti da profili in acciaio a sezione scatolare di 150 x 150 mm e fissati alla base tramite un collegamento con tasselli meccanici e/o barre filettate annegate nella fondazione.

La fondazione, costituita da una trave a sezione rettangolare 50 x 50 cm armata con n. 4 barre diametro 14 mm inferiori e superiori, n.1 armatura di parete diametro 10 mm per lato e staffe a due bracci diametro 8 mm disposte con passo costante pari a 10 cm lungo tutto lo sviluppo della stessa.

Per maggiori dettagli sulla geometria di tali elementi si possono invece consultare gli elaborati grafici che costituiscono l'oggetto dell'elaborato n. 7.

3. DATI SIGNIFICATIVI DELL'ANALISI STRUTTURALE

3.1 MODALITÀ ESECUTIVE DELLE VERIFICHE STRUTTURALI E SCELTE DI BASE ADOTTATE

Le analisi e le verifiche delle strutture sono state effettuate attraverso la modellazione agli elementi finiti dei manufatti di progetto, eseguita con il software di calcolo "FaTA-E", prodotto e distribuito dalla Stacec S.r.l., con sede nel Comune di Bovalino (RC). Per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni si è fatto ricorso al metodo agli stati limite. È stata altresì condotta l'analisi sismica facendo riferimento alla metodologia statica lineare. Nelle verifiche è stata adottata la classe d'uso II; di conseguenza il coefficiente C_u è stato assunto pari a 1,0. Per la determinazione della vita nominale si è tenuto presente un valore di cinquanta anni ($V_n=50$); da ciò scaturisce la quantificazione del periodo di riferimento per il calcolo dell'azione sismica di progetto pari a cinquanta anni ($V_r=C_u \cdot V_n=50$).

Infine, si riportano alcune considerazioni sugli schemi strutturali sottoposti a verifica. I telai metallici di sostegno sono stati assunti incastrati alla base per meglio rappresentare l'infissione dei pali per una profondità di circa 1,50m; al fine del calcolo delle fondazioni delle cabine e per tenersi a favore di sicurezza non si è tenuto conto del contributo dello spianamento sottofondazione alla ripartizione dei carichi sul terreno.

3.2 COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE

Sono state utilizzate alcune delle condizioni di carico riportate al punto 2.5.3 delle NTC del 2018. Più precisamente sono state impiegate le seguenti combinazioni:

- combinazione fondamentale (formula 2.5.1), adoperata per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU);

- combinazione caratteristica (rara) (formula 2.5.2), usata per le verifiche agli stati limite di esercizio irreversibili (SLE);
- combinazione frequente (formula 2.5.3), adottata per le verifiche agli stati limite di esercizio reversibili (SLE);
- combinazione quasi permanente (formula 2.5.4), sempre con riferimento alle verifiche agli stati limite di esercizio (SLE), ma utilizzata per la valutazione degli effetti a lungo termine;
- combinazione sismica (formula 2.5.5), impiegata per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) e agli stati limite di esercizio (SLE) connessi all’azione sismica.

Non sono state utilizzate combinazioni eccezionali, in quanto non sono state previste nel progetto azioni di tale natura.

3.3 MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Come prescritto all’interno delle NTC del 2018, nella relazione di calcolo è riportata la descrizione delle opere che vengono sottoposte a verifica strutturale che costituisce il contenuto del capitolo 2. Nel capitolo 1 della relazione di calcolo è citato l’inquadramento normativo dell’intervento. La definizione dei parametri di progetto, il codice di calcolo impiegato e la descrizione dei criteri di progettazione e modellazione è esplicitata nel capitolo 3. La combinazione delle azioni, riassunta nella presente relazione, viene descritta all’interno dei tabulati prodotti dal software, dove sono riportate tutte le verifiche sugli elementi strutturali per gli stati limite considerati. I materiali strutturali vengono invece solo citati sinteticamente nella relazione di calcolo; ad essi è dedicato un intero documento, ovvero l’elaborato n. 2 del progetto strutturale dal titolo “Relazione sui materiali”.

3.4 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Il codice di calcolo automatico utilizzato per le verifiche strutturali è il programma “FaTA-E”, prodotto e distribuito dalla Stacec S.r.l., con sede legale nel Comune di Bovalino (RC), al n. 358 di Corso Umberto I. Il numero di licenza è 5048.

3.5 INFORMAZIONI GENERALI SULL’ELABORAZIONE

Dopo il completamento dell’attività di verifica strutturale, è stato eseguito un controllo sul modello di calcolo, senza che siano stati riscontrati errori di entità significativa o comportamenti

anomali della struttura. Il margine di errore è contenuto nei limiti derivanti dalle inevitabili approssimazioni adottate nel corso del processo di modellazione. L'esame dei risultati non ha evidenziato problematiche meritevoli di approfondimento. L'affidabilità del software appare rassicurante, anche alla luce della consolidata esperienza maturata dal produttore. A tale riguardo si allega la documentazione attestante la validazione del programma di calcolo, prodotta in automatico dal software "FaTA-E".

3.6 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

L'accettabilità dei risultati ottenuti è stata monitorata mediante il confronto con verifiche manuali.

In realtà le verifiche hanno avuto per oggetto strutture estremamente semplici; ciò ha reso possibile l'esecuzione di verifiche manuali che hanno portato a risultati molto simili rispetto a quelli ottenuti con il software di calcolo. Quindi si può affermare che la modellazione della struttura è stata eseguita correttamente e che i risultati dell'elaborazione elettronica non sono affetti da errori sostanziali.

3.7 VALUTAZIONE INDIPENDENTE DEL CALCOLO

Per l'opera di progetto non è stata effettuata la validazione indipendente del calcolo strutturale poiché si ritiene sufficientemente attendibile ed esaustivo il risultato ottenuto mediante la modellazione eseguita e l'elaborazione con il codice di calcolo utilizzato. Ciò anche alla luce dell'estrema semplicità delle strutture che sono state oggetto di verifica.

Il progettista strutturale
Ing. Debora DELL'AGUIE
Dott.ssa Ing. **Debora DELL'AGUIE**
N° 1814
a) civile e
ambientale

