

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

**Realizzazione di un parco Agrivoltaico di potenza nominale pari a 25 MWp, denominato “Stintino” sito nei Comuni di Sassari e Stintino (SS), Località “Frazione Pozzo San Nicola”**

PROPONENTE:



Energia Pulita Italiana s.r.l.

Rev00		Data ultima elaborazione: 13/04/2022	
Redatto	Formattato	Verificato	Approvato
<i>Ing. Canterino</i>	<i>Dott. Bertollo</i>	<i>Ing. Canterino</i>	ENERLAND ITALIA s.r.l.
Codice Elaborato		Oggetto	
STINTINO-PDR03		PROGETTO DEFINITIVO	

GRUPPO DI LAVORO:

*Ing. Emanuele CANTERINO*  
*Dott. Claudio BERTOLLO*  
*Dott. Agr. Patrick VASTA*  
*Ing. Annamaria PALMISANO*  
*Dott.ssa Nausica RUSSO*



## INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	DESCRIZIONE DELLE TIPOLOGIE STRUTTURALI IPOTIZZATE .....	2
2.1	Descrizione delle strutture in progetto – Strutture fisse.....	3
2.1.1	Gestione delle strutture fisse .....	4
2.1.2	Carichi agenti sulle strutture: .....	5
2.1.3	Arcarecci.....	6
2.2	Descrizione delle strutture in progetto – Cabine elettriche .....	7
3.	CANTIERIZZAZIONE.....	8
4.	CONCLUSIONI .....	9



## 1. PREMESSA

Con la presente relazione si propone una descrizione delle strutture costituenti l'impianto dove si intende alloggiare i moduli fotovoltaici, dando un grado di dettaglio maggiore alle stesse, facendo così riferimento alle strutture fisse con soluzione ad angolo fisso rispetto al piano orizzontale. Inoltre, si propone anche una descrizione delle cabine che verranno installate sulla superficie del fondo di interesse.

Come già riportato nelle altre relazioni, il progetto che si intende realizzare è riferito ad un parco Agrivoltaico con potenza nominale di circa 25 MWp, ed una potenza complessiva in immissione alla RTN pari a 30.75 MW, considerando un sistema di storage di potenza pari a 10 MW. La produzione di energia elettrica proviene da fonte solare, mediante l'ausilio di tecnologia fotovoltaica, ed è da realizzarsi in agro del comune di Stintino (SS), località individuata nella "Frazione di Porto San Nicola".

Tale iniziativa viene portata avanti dalla società Energia Pulita Italiana s.r.l., che opera nel settore delle fonti rinnovabili per la progettazione e realizzazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Nel progetto si prevede l'ubicazione del parco Agrivoltaico su di un'area agricola in agro del comune di Stintino (SS), nella località denominata "Frazione di Pozzo San Nicola" (quota media di 36 m.s.l.m.). Infatti, la zona prevista per la realizzazione dell'impianto è situata subito ad Est della stessa Frazione, con una distanza in linea d'aria di 110 m circa; la parte restante dell'area di sviluppo impianto è sita nei pressi della Strada Provinciale 34 ad una distanza di circa 1 km direzione Sud-Est dalla prima citata. L'area che si estende nei pressi di tale frazione è caratterizzata da un contesto agricolo, non di pregio, esclusivamente dedicato alla coltivazione ordinaria ed oramai scarsamente redditizia di colture cerealicole.

## 2. DESCRIZIONE DELLE TIPOLOGIE STRUTTURALI IPOTIZZATE

Come già su riportato, l'impianto Agrivoltaico è caratterizzato da una tipologia di strutture fisse aventi tilt di 12°, poste a terra, con potenza di picco pari a circa 25 MWp<sup>1</sup>, con potenza complessiva in immissione alla RTN pari a 30,75 MW<sup>2</sup>, con a corredo l'installazione di un sistema storage di 10 MW.

Le soluzioni strutturali adottate per il presente parco, che vengono di seguito descritte, scaturiscono da un'attenta analisi della configurazione del sito, dagli approfondimenti geologici eseguiti e contenuti nelle relative relazioni ed elaborati grafici e dalla tipologia di impianto previsto.

Relativamente alle strutture principali, l'impianto si compone dei seguenti elementi:

- **PARCO FOTOVOLTAICO:** costituito dai moduli e dai supporti atti a sostenerli sul terreno. Rappresenta la parte più estesa dell'impianto ed è responsabile della conversione dell'energia solare in energia elettrica in corrente continua;
- **CABINE ELETTRICHE:** saranno presenti fondamentalmente due classi di cabine, una destinata alla trasformazione della tensione da bassa (BT) da 800V ad alta (AT) a 36 kV, distribuite in n° 5 unità all'interno del campo; l'altra, un vero e proprio stallo di raccolta per far sì che l'intera potenza del campo venga convogliata alla stazione SE Terna, per il successivo innalzamento da AT ad AAT della tensione, per la consegna alla rete elettrica nazionale;
- **CABINA SALA MONITORAGGIO:** è il vero e proprio centro di monitoraggio ambientale e telemetrico dell'impianto, dove si implementano i sistemi scada e di rete ad alta tecnologia, in cui confluiscono i dati provenienti dai punti di rilevamento della rete controllo del parco stesso;

L'impianto prevede l'impiego di moduli in silicio monocristallino della potenza nominale unitaria pari a 570 Wp – in condizioni standard<sup>3</sup> - e installazione su strutture fisse aventi tilt di 12° della tipologia 3x9, che supporta n° 27 moduli fotovoltaici installati elettricamente in serie, connessi tra loro in stringhe, da posizionarsi a terra su apposita struttura in acciaio, opportunamente fissata al terreno

<sup>1</sup> Dove per potenza di picco è da intendersi il dato di potenza nominale presente solo per gli impianti fotovoltaici: essa è definita come la potenza istantanea – espressa in kWp – erogata da un pannello fotovoltaico in determinate condizioni standard, cioè con irraggiamento di 1000 W/mq, temperatura ambiente di 25°C, posizione del sole a 1.5 AM (ossia la posizione in cui il sole forma un angolo di 48° con lo zenith).

<sup>2</sup> Per valore della potenza in immissione complessivamente disponibile si intende quella disponibile, dopo gli interventi da effettuare, senza che l'utente sia disconnesso.

<sup>3</sup> Dove per condizioni standard, secondo le norme IEC/EN 60904 hanno stabilito le seguenti condizioni:

- Irraggiamento solare 1000W/mq
- Temperatura delle celle 25°C
- Distribuzione spettrale AM = 1,5

mediante sistemi di ancoraggio del tipo infissi. Il dimensionamento delle strutture di supporto e di ancoraggio sarà definito in occasione della redazione del progetto esecutivo, in seguito a prove condotte sul sito e relativa relazione di verifica statica.

## 2.1 Descrizione delle strutture in progetto – Strutture fisse

La struttura di sostegno dei moduli, su cui saranno alloggiati i pannelli fotovoltaici, sarà realizzata con profili in acciaio zincato a caldo. La struttura di sostegno della vela sarà realizzata con montanti in acciaio infissi nel terreno ad altezza variabile, per le diverse strutture secondo le caratteristiche geomorfologiche del terreno, con quota variabile rispetto al piano di campagna, su un'inclinazione del terreno compresa tra 0,0 m ad 0,6 m, lungo l'asse est-ovest, che per la tipologia tipo 3x9 consta di una lunghezza di 20,66 m.

Il corpo di sostegno della struttura è sorretto da due file di n°5 montanti in acciaio di altezza variabile necessari a sorreggere le strutture di sostegno, infissi nel terreno ad una profondità variabile tra 1,5 e 2,0 m, in funzione della pendenza del terreno, tenendo conto delle ombre che una fila di pannelli può proiettare su quella successiva. La scelta della profondità di infissione nel terreno sarà anche definita in seguito alle verifiche di tenuta allo sfilamento e alla perizia geologica svolta per il calcolo ottimale della modalità di inserimento dei profilati.

I pali di sostegno delle strutture, su cui saranno montati i pannelli, potranno avere altezze variabili (nell'intorno, comunque, di 1,70 m per la fila di pali più vicina allo spigolo inferiore dei moduli e 2,0 m per quelli più vicini alla parte superiore della struttura), funzionali per adattarsi ad una pendenza del terreno che varia nell'ordine del 5%.

L'inclinazione (Angolo di Tilt) di 12°, rispetto all'orizzontale del terreno lungo l'asse Nord Sud, avrà il compito di predisporre il piano dei moduli nella direzione più ottimale della radiazione solare, in relazione anche al movimento che il Sole potrà disegnare nel suo percorso giornaliero, in modo da poter ottimizzare la quantità di radiazione incidente sulla superficie dei moduli fotovoltaici.

Il sistema di sostegno dovrà reggere il peso della struttura stessa e dei pannelli, oltre ai carichi derivanti da condizioni ambientali avverse. Su tali pali verranno posizionate le traverse, ovvero le strutture di sostegno dei pannelli, sulle quali a loro volta saranno montati i moduli, realizzate in profilati zincati a caldo piegati a sagoma, per il bloccaggio dei pannelli fotovoltaici. Ulteriori dettagli sul sistema di fissaggio dei moduli sono riportati nella scheda tecnica fornita dal costruttore.

Il progetto prevede di utilizzare delle strutture portanti adatte al terreno dell'area in esame (per maggiori dettagli vedasi la relazione geologica "STINTINO-IAR10" e successivamente a realizzarsi, se del caso, la relazione geotecnica), con la probabilità di scegliere tra la configurazione che considera la soluzione con pali infissi nel terreno, mediante l'impiego di attrezzature battipalo o pali a vite. In entrambe le soluzioni si prevedono tutti gli accorgimenti di natura strutturale, tecnologica ed installativa necessari affinché si eviti l'utilizzo di basamenti in calcestruzzo, allo scopo di ridurre al minimo possibile l'impatto sul terreno, facilitando inoltre anche il piano di dismissione dell'impianto.

Resta inteso che eventuali cambi di configurazione strutturale possano essere adottati a valle di analisi e considerazioni oggetto del futuro progetto esecutivo.

### 2.1.1 Gestione delle strutture fisse

La struttura portante su cui saranno alloggiati i pannelli fotovoltaici sarà realizzata con profili in acciaio zincato a caldo e sorretta da due file di n°5 montanti in acciaio necessari a sorreggere le strutture di sostegno (arcarecci), infissi nel terreno ad una profondità variabile tra 1,5 e 2,0 m, in funzione della pendenza del terreno. Fuori terra la struttura montante si erge per un'altezza variabile tra 1,7 e 2,0 m, permettendo ai moduli fotovoltaici di mantenere una distanza minima dal terreno di 1,50 m nella parte più inclinata verso terra, mentre lo spigolo più alto dei moduli si troverà a circa 2,20m.

Le strutture fisse standard su citate presentano le seguenti dimensioni: la tipologia 3 x 9 supporta n° 27 moduli fotovoltaici installati elettricamente in serie con dimensioni complessive di 3,44 metri per 20,66 metri. Quindi su ogni struttura vengono alloggiate 3 file di moduli, dove per ogni fila, a sua volta, sono contenuti n° 9 di essi.

Ciascuna struttura del tipo 3x9, porterà n°1 stringa costituita da 27 moduli disposti su 3 file, con le seguenti caratteristiche elettriche:

- Numero di moduli fotovoltaici per fila: 9;
- Numero di moduli per struttura: 27 (in serie);

Per quanto riguarda il corpo di sostegno e gli arcarecci che sorreggono i pannelli, i materiali sono indicati da acciaio denominato S 355 JR. La protezione superficiale avviene mediante zincatura a caldo secondo la norma UNI-EN- ISO1461. Tutti i profili sono integrati da scanalature che permettono un facile montaggio; le traverse sono fissate al sostegno con particolari morsetti. Il fissaggio dei pannelli fotovoltaici viene effettuato con viti in acciaio inossidabile e rondella in acciaio inossidabile per evitare fenomeni di accoppiamento galvanico e corrosione.

Per un terreno classificato come non corrosivo le fondazioni sono realizzate con sistema di martellatura diretta. I pali sono realizzati in acciaio S 355 JR più adatto per essere martellato senza deformazioni nella testa martellata.

Il periodo di vibrazione naturale della struttura fissa è inferiore a 1 secondo; quindi, il comportamento della struttura può essere classificato "rigido" per quanto riguarda il calcolo. Per il sito in esame è stato preso in considerazione per le file interne un carico di vento equiparabile a quello di un'area urbana.

In figura 1 si riporta un prospetto laterale tipo delle strutture che si prevede di utilizzare, con sopra alloggiati i moduli fotovoltaici; queste strutture saranno affiancate in modo da costituire file di moduli.

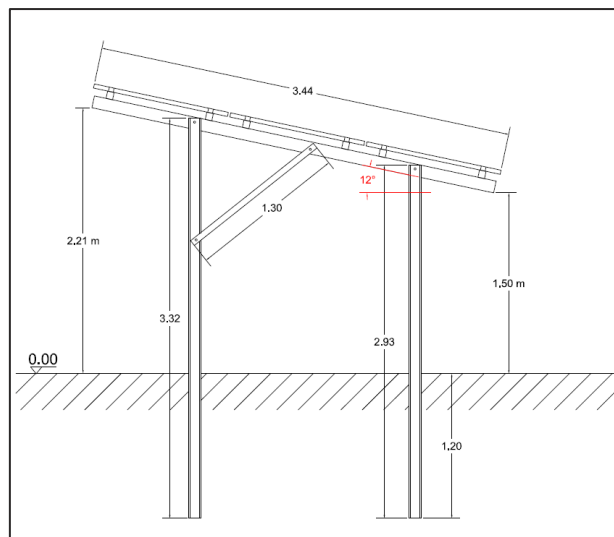


FIGURA 1: SCHEMA TIPO STRUTTURA FISSA PROPOSTA

### 2.1.2 Carichi agenti sulle strutture:

Carichi permanenti:

- Peso pannelli;
- Peso struttura di supporto pannelli.

Carico neve:

- zona di carico neve III.

Carico vento:

- Zona di vento 4.



Nei vari dati forniti dai diversi produttori delle strutture, la voce "massima velocità del vento ammissibile" è assai controversa, in quanto sono troppo diverse le accezioni del concetto "ammissibile".

Non esiste un catalogo universale dei criteri che definisca in modo univoco la stabilità dei sistemi fotovoltaici fissi. La norma corrente per i moduli fotovoltaici CEI 61215 (oppure CEI 61646) contempla comunque solo un test per verificare resistenza a pressioni e depressioni di 5400 Pa applicate per un'ora. Nelle schede tecniche dei moduli, questi valori vengono espressi volentieri con la formula "corrispondente a una velocità del vento di 130 km/h", che però non è del tutto corretta. Il test CEI contempla sollecitazioni esercitate in modo uniforme, che non corrispondono esattamente agli scossoni esercitati da una tempesta furibonda. Inoltre, pressioni e depressioni vengono esercitate sul fronte del modulo, mentre non viene esercitata alcuna pressione sul suo retro, ma questo è esattamente quello che accade quando il vento investe un sistema fisso prendendolo "alle spalle".

Il problema del vento riveste un'importanza fondamentale. Non si tratta solo del rischio di una perdita totale, ma in primis dei premi assicurativi legati all'assicurazione degli impianti, e in secondo luogo dell'usura. Componenti che funzionano costantemente in prossimità del proprio limite di carico richiedono anche interventi di riparazione o sostituzione più frequenti, il che fa aumentare i costi per kWh. Ne consegue una scelta verso i sistemi fissi, i quali fruttano una produzione energetica inferiore ai sistemi ad inseguimento, ma sono anche sensibilmente più economici da produrre, oltre a essere meno soggetti a guasti. Il successo di questi sistemi sembra dare ragione a chi valorizza maggiormente la stabilità e la facilità di manutenzione rispetto a un contenimento relativo della produzione energetica.

### 2.1.3 Arcarecci

Per la trasmissione dei carichi sugli elementi di supporto si utilizzano profilati di alluminio con funzione di arcarecci (precedentemente indicati come traverse).

Dal punto di vista statico essi vengono trattati come travi continue con sbalzi bilaterali. Durante la fabbricazione e montaggio questi possono essere giunti come travi a sbalzo con articolazioni in punti specifici. Come precedentemente asserito, tutti i profili sono integrati da scanalature che permettono un facile montaggio dei moduli; le traverse sono fissate al sostegno con particolari morsetti.

Le azioni dei carichi vento e neve per la determinazione delle sollecitazioni massime devono essere applicate sulle campate nella maniera più sfavorevole. Per il calcolo si utilizzano i coefficienti per travi continue a luci uguali.

La trasmissione dei carichi della vela al supporto centrale, che viene fissato ai cinque profili di appoggio conficcati nel terreno, avviene tramite arcarecci in alluminio. Per la determinazione delle sollecitazioni dei carichi variabili devono essere applicati sfavorevolmente e unilateralmente.

Per la determinazione delle sollecitazioni nei componenti della sottostruttura si applicano le forze del vento come azioni concentrate nei punti del quarto della superficie dei moduli.

Per ogni combinazione di carico si determinano così due posizioni di applicazione delle forze vento. La determinazione delle sollecitazioni di dimensionamento avviene attraverso l'analisi di 6 differenti combinazioni delle azioni.

I supporti di appoggio lungo l'asse orizzontale della struttura (n°10 appoggi), sono formati da profili laminati in alluminio circolare, che vengono infissi nel terreno di fondazione ad una profondità di interrimento variabile tra 1,5 e 2,0 m. A questo scopo sono necessarie delle analisi del terreno e prove di carico per determinare le sollecitazioni trasmissibili, prova allo sfilamento, che verranno eseguite nel progetto esecutivo.

## 2.2 Descrizione delle strutture in progetto – Cabine elettriche

Per le cabine elettriche è previsto l'utilizzo di diverse tipologie costruttive, ovvero strutture prefabbricate con dimensioni diverse a seconda del ruolo a cui esse asserviscono, rispondenti alle norme di sicurezza ed alla normativa tecnica per cui sono state prodotte.

Per le cabine di sottocampo, dove avverrà la trasformazione BT/AT si prevedono strutture prefabbricate con dimensioni maggiori o uguali a 9200 x 5000 mm. Per le cabine di consegna si prevedono strutture prefabbricate con dimensioni pari a 12000 x 5000 mm, mentre per la cabina di monitoraggio, che fungerà da sala di monitoraggio e controllo per gli addetti ai lavori, essa presenterà dimensioni di 15000x 5000 mm.

Gli elementi prefabbricati poggeranno su un basamento interrato in calcestruzzo armato, dello spessore compreso tra i 40-60 cm, realizzato in opera, dotato di cavedi interni alla struttura, funzionali al contenimento dei cavidotti elettrici di entrata e di uscita. L'intera opera di appoggio descritta sarà opportunamente dimensionata in occasione delle prove condotte in sito ed alla conseguente verifica strutturale.

Il basamento è previsto incassato fino alla stessa quota di campagna, ottenuta dallo scotico del terreno vegetale al fine di intercettare il terreno dotato di maggiore coesione e resistenza unitaria.

Successivamente, sull'estradosso del basamento si dovrà realizzare un idoneo massetto in calcestruzzo, dello spessore di 20 cm, rinforzato da idonea rete elettrosaldata al fine di proporre il piano di spiccato ad un'altezza superiore e pari a circa 20 cm rispetto al piano di campagna e definire, contestualmente, il piano di posa della cabina prefabbricata.

### 3. CANTIERIZZAZIONE

La fase di cantiere comprende la quasi totalità delle opere necessarie alla realizzazione di un parco fotovoltaico e per questo costituisce la fase più impegnativa di tutto il processo. Difatti nel cantiere sono concentrate l'insieme delle azioni che effettivamente determinano la trasformazione del luogo che ospita l'impianto, sia durante i lavori, sia nel periodo successivo.

Le opere di cantiere sono strettamente legate alla tipologia ed alle dimensioni dell'impianto fotovoltaico che si intende realizzare, oltre ovviamente alla sua estensione. In ogni caso è indispensabile considerare che ogni azienda impegnata nella realizzazione di impianti fotovoltaici necessita di specifiche condizioni cantieristiche al momento della collocazione degli elementi delle strutture nella loro sede definitiva.

L'organizzazione del cantiere seguirà le seguenti fasi principali:

- sistemazione del sito;
- posa dei cavi per il trasporto dell'energia elettrica;
- installazione delle strutture in acciaio porta moduli;
- realizzazione delle infrastrutture al fine di effettuare l'allaccio alla rete di consegna in alta tensione.

## 4. CONCLUSIONI

La presente relazione ha fornito una descrizione preliminare ed indicativa degli elementi caratterizzanti le varie opere strutturali, in termini di caratteristiche tecniche tipiche, nel progetto, demandando ad una fase successiva il dimensionamento e la definizione di dettaglio delle strutture.

Si ricorda che la tecnologia adottata, che prevede l'installazione di strutture fisse, evita che ci siano zone stabilmente in ombra ed altre bruciate dal sole. Data la configurazione spaziale di tali strutture, il sole, ruotando, determina un irraggiamento ottimale a livello del suolo, realizzando una fascia ombreggiante che pennella con continuità l'intera superficie del terreno da est a ovest.

Il sistema di irrigazione a pioggia, installato per incrementare la produzione agricola di foraggio, sarà realizzato in stretto connubio tra coltivazione e sistema solare, utilizzando come sostegni le medesime strutture fisse. Ciò permetterà di integrare quasi totalmente la parte vegetale il sistema solare Agrivoltaico.