

REGIONE SICILIANA
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI
COMUNI DI MARSALA E DI TRAPANI

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI POTENZA PARI A 40 MW,
SU TERRENO AGRICOLO SITO NEL COMUNE DI MARSALA (TP) IN CATASTO
AL FG. 137 P.LLE 3, 4, 182, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 122, 126, 196 E AL FG.
138, P.LLE 138, 213, 53, 54, 121, 160, 117, 119, 120, 96, 97, 100, 104, E ALTRE AFFERENTI
ALL'IMPIANTO DI UTENZA E ALLE OPERE DI RETE NEI COMUNI DI MARSALA E DI TRAPANI (TP)

Timbro e firma del progettista

Capital Engineering snc
Ing. Vincenzo Massaro



Capital Engineering snc
Ing. Salvatore Li Vigni



Timbri autorizzativi

RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE DI SOSTEGNO ED
OPERE CIVILI

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	ID Terna spa	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID	NOME FILE	DATA	SCALA
PDef	202302626	Relazione	16	MESSINELLO- PV01a	MESSINELLO-PV01a Rel. idro e idro 10 05 24.docx	22.05.2024	-

REVISIONI

VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Rev.00	22.05.2024	Prima emissione	GS	AM	VM

IL PROPONENTE

MESSINELLO SOLAR srl

Sede legale: Via San Damiano, 2
20122 Milano
P.IVA 12830470964

PROGETTO DI



Capital Engineering S.n.c.
Sede legale: Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo
e-mail: info@capitalengineering.it

SU INCARICO DI



Coolbine S.r.L.
Sede legale: Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo
e-mail: autorizzazioni@coolbine.it

Sommarrio

1.	Premessa.....	2
2.	Descrizione delle tipologie strutturali ipotizzate	4
1.1	Descrizione delle strutture in progetto	4
1.2	Carichi agenti su ogni struttura.....	6
1.3	Descrizione della modellazione statica	6
3.	Cabine elettriche	7
4.	Conclusioni.....	7

1. Premessa

Il presente documento ha lo scopo di fornire una descrizione tecnica preliminare delle strutture di sostegno relative al progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la generazione di energia elettrica attraverso l'utilizzo di fonte rinnovabile solare e la conversione fotovoltaica. In particolare, il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "MESSINELLO-PV01a", da installare in un lotto di terreno nella disponibilità della società Messinello Solar S.r.L., sito nel comune di Marsala (TP) in località "Messinello". L'impianto è caratterizzato da una potenza di picco pari a 40,01 MWp.

L'impianto è costituito complessivamente da n. 3810 strutture di sostegno fisse, aventi configurazione 3x5 e n.57150 moduli con potenza pari a 700 Wp e tecnologia monocristallina.

Al fine di prediligere l'attività agricola in sito e mitigare l'impatto visivo dell'impianto agrivoltaico, lungo tutto il perimetro dell'area di impianto MESSINELLO-PV01a è prevista l'installazione di una fascia arborea, anche detta area verde, avente larghezza di 10 m in cui coltivare specie arboree ed arbustive autoctone e wildflowers.

I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture di sostegno aventi una distanza interasse in funzione dell'orografia del terreno tale da minimizzare gli effetti di ombreggiamento tra una fila di moduli e l'altra e tale da permettere, tra i filari delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, la coltivazione di specie foraggere tramite mezzi meccanizzati.

Si ricorda che le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici occupano una porzione di terreno esigua in quanto sostengono i moduli fotovoltaici tramite pali in acciaio zincato di ridotte dimensioni con sviluppo planimetrico puntuale.

I pali di sostegno, inoltre, sono direttamente infissi nel terreno senza prevedere alcuna fondazione di calcestruzzo armato. Ciò consente la crescita di vegetazione spontanea al di sotto dei moduli fotovoltaici, utile per lo sviluppo di un'attività pastorale in sito.

In ottemperanza alle procedure poste in essere è stata sottoposta al gestore di rete Terna S.p.A. formale istanza di allacciamento alla rete di distribuzione al fine di valutarne la fattibilità tecnica.

In data 26/06/2023, con Codice Protocollo P20230066504 e Codice di Rintracciabilità 202302626, è stata ottenuta da Terna S.p.A. la seguente Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), di cui si riportano di seguito gli estratti (si veda l'elaborato di progetto "Rel.25 Preventivo di connessione e accettazione STMG").

La Soluzione Tecnica Minima Generale per Voi elaborata prevede che la Vs. centrale venga collegata in antenna a 36 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) a 220/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Fulgatore - Partanna", previa:

- *realizzazione del nuovo elettrodotto RTN 220 kV "Fulgatore – Partinico", di cui al Piano di Sviluppo Terna;*
- *realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della suddetta stazione con la stazione 220/150 kV di Fulgatore, previo ampliamento della stessa;*
- *realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della suddetta stazione a 220 kV con la stazione 220/150 kV di Partanna, previo ampliamento della stessa;*

A seguito della STMG ricevuta, il presente progetto definitivo prevede che l'energia prodotta dai moduli fotovoltaici afferisca ad un sistema di 12 blocchi "PV Station", ciascuno costituito da un trasformatore MT/BT, un inverter centralizzato, un quadro MT di protezione, un trasformatore BT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari, e un quadro BT di protezione.

Tramite le PV Station, l'energia in corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici viene convertita in corrente alternata e trasformata al livello di tensione di 20 kV. Ogni PV Station sarà collegata tramite un proprio cavidotto MT interrato a 20kV alla Cabina di Sottocampo, per convogliare a questa l'energia prodotta dai moduli fotovoltaici. Da ciascuna cabina di Sottocampo, tramite un tratto di cavidotto interrato MT 20 kV, l'energia dell'intero campo fotovoltaico sarà convogliata alle Cabine di raccolta e trasformazione 20/36kV, nelle quali avverrà l'innalzamento della tensione da 20 kV a 36 kV. Dalle Cabine di raccolta e trasformazione 20/36 kV, l'energia prodotta a 36kV verrà consegnata, tramite un cavidotto a 36 kV alla sezione 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE) 220/36kV della RTN (per maggiori dettagli sui vari collegamenti si vedano gli elaborati "Relazione Tecnica Elettrica", e gli elaborati grafici di progetto "Inquadramento su Ortofoto", "Planimetria Generale Impianto e "Schema Elettrico Unifilare").

A seguito delle STMG ricevute è stato possibile definire le seguenti opere in progetto da realizzare:

- Impianto agrivoltaico con strutture di sostegno fisse, di potenza di picco pari a 40,01 MWp, ubicato in località Messinello nel comune di Marsala (TP);
- n.130 quadri di campo (combiner box);
- sistema di cavi in corrente continua (cavi di stringa, cavi di collegamento tra le stringhe e le combiner box, cavi di collegamento tra le combiner box e gli inverter);
- sistema di cavi in corrente alternata (cavi BT di collegamento tra gli inverter e i trasformatori MT/BT, cavi BT per i circuiti di servizi ausiliari, cavi MT a 20 kV per il collegamento tra le PV Station e le Cabine di Sottocampo, cavi MT a 20 kV per il collegamento tra le Cabine di Sottocampo e la Cabina di raccolta e trasformazione 20/36 kV, cavi a 36 kV per il collegamento della Cabina di raccolta e trasformazione 20/36 kV con la Cabina di sezionamento, cavi a 36 kV per il collegamento della Cabina di sezionamento con la sezione a 36 kV della Stazione Elettrica della RTN 220/36 kV;
- n.12 PV Station;
- n.4 Cabine di Sottocampo;
- n.1 Cabina di raccolta;
- n.2 Cabine di raccolta e trasformazione 20/36 kV;
- n.11 vani accumulatori contenenti i dispositivi di accumulo degli impianti;
- n.6 inverter bidirezionali tipo PV Station a servizio del sistema di accumulo;
- n.1 Cabina del sistema di accumulo contenente gli scomparti MT di protezione;
- n.1 Cabina di trasformazione 20/36 kV per l'energia proveniente dal sistema di accumulo;
- Protezioni

2. Descrizione delle tipologie strutturali ipotizzate

Come già detto, le strutture di sostegno dell'impianto sono del tipo fisso a terra, orientate in direzione Est-Ovest con potenza di picco prodotta complessivamente pari a 40,01 MWp. Le soluzioni strutturali adottate per l'impianto in oggetto e che vengono di seguito descritte sono scaturite dall'analisi della configurazione del sito, dagli approfondimenti geologici eseguiti e contenuti nelle relative relazioni ed elaborati grafici e dalla tipologia di impianti prevista.

Relativamente alle strutture principali, gli impianti si compongono dei seguenti elementi:

1. PARCO FOTOVOLTAICO: costituito dai moduli e dai supporti atti a sostenerli sul terreno. I moduli sono responsabili della conversione dell'energia solare in energia elettrica in corrente continua;
2. CABINE ELETTRICHE: saranno presenti: n.12 PV station che trasformano la corrente da continua ad alternata, n.4 Cabine di Sottocampo dove viene convogliata la corrente alternata, n.1 Cabina di Raccolta previste per i sottocampi B, C, D, n.2 Cabine di Raccolta e Trasformazione 20/36 kV al fine di innalzare la tensione, n.11 moduli batterie, n.1 Cabina per il sistema di accumulo, n.6 inverter bidirezionali e n.1 Cabina di Raccolta e Trasformazione 20/36 kV per l'energia proveniente dal sistema di accumulo;

L'impianto prevede l'impiego di moduli in silicio monocristallino della potenza nominale di 700 Wp, installati in strutture di configurazione 3x5, connessi tra loro in stringhe, da posizionarsi a terra su apposita struttura in acciaio, opportunamente fissati al terreno 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.

1.1 Descrizione delle strutture in progetto

La struttura di sostegno su cui saranno alloggiati i moduli fotovoltaici, sarà realizzata con profili in acciaio zincato a caldo ed utilizzerà montanti in acciaio infissi nel terreno ad altezza variabile per l'ancoraggio a terra, secondo le caratteristiche geomorfologiche del terreno, con quota variabile rispetto al piano di campagna. Le strutture aventi una lunghezza di 12 m, sorrette da n°6 montanti in acciaio necessario a garantire 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 moduli può proiettare su quella successiva. La scelta della profondità di infissione nel terreno sarà anche definita in seguito alle verifiche di tenuta allo sfilamento.

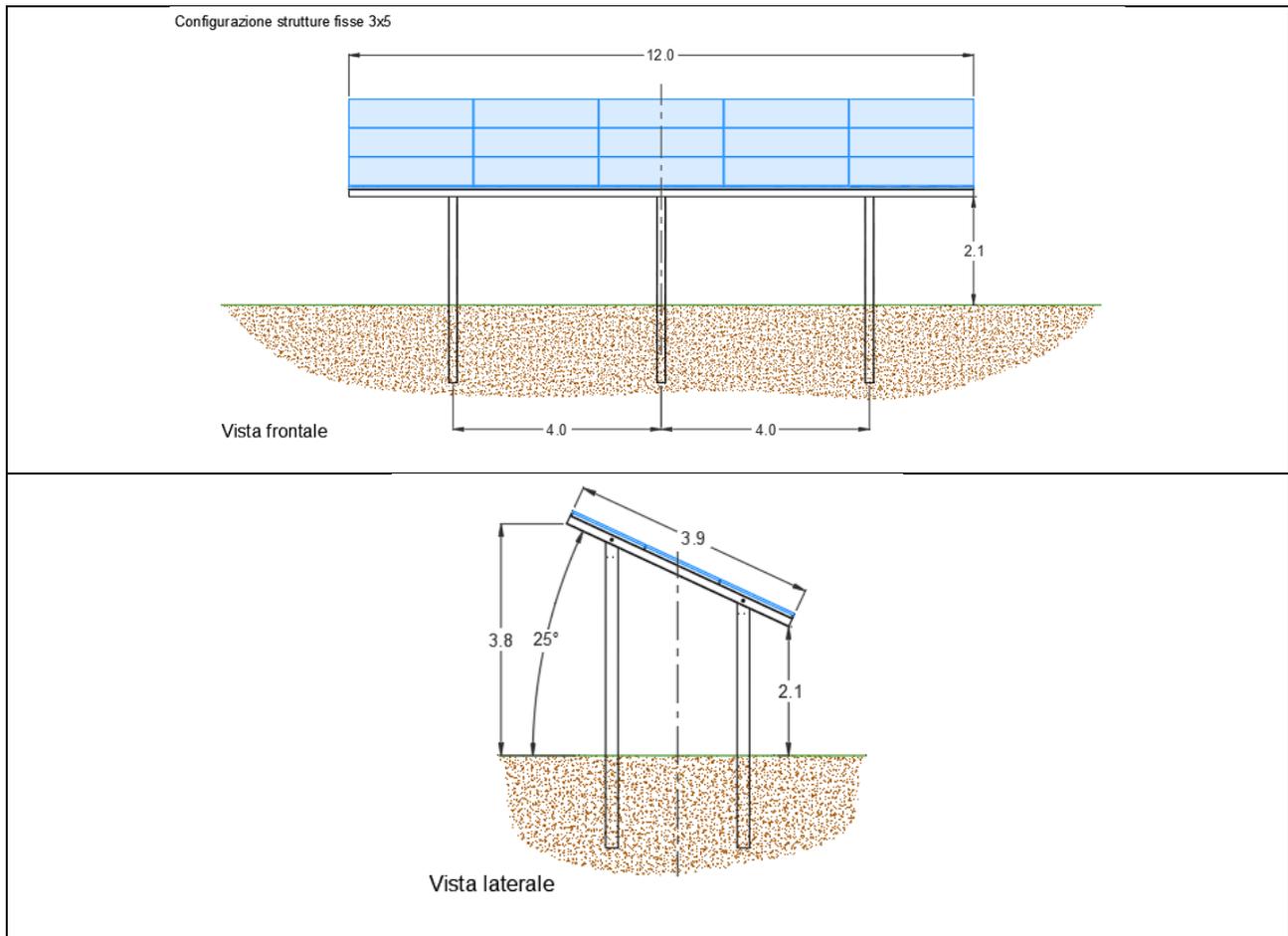


Figura 2.1 - Strutture di sostegno moduli

I pali di sostegno delle strutture, su cui saranno montati i moduli, potranno avere un'altezza variabile, funzionale in modo da adattarsi alla pendenza del terreno. L'angolo di inclinazione delle strutture di sostegno è pari a 25° , tale angolo determina una distanza dei moduli dal piano campagna variabile: 2,10 m nella parte più bassa e 3,80 m nella parte più alta, sempre in funzione delle pendenze del terreno.

Il dimensionamento torsionale della struttura è realizzato al fine di evitare fenomeni di instabilità dovuti all'aumento del coefficiente del "fattore di forma".

Il fissaggio dei moduli fotovoltaici viene effettuato con viti in acciaio inossidabile e rondella in acciaio inossidabile per evitare fenomeni di accoppiamento galvanico e corrosione. Il terreno è classificato come non corrosivo. Le fondazioni sono realizzate con sistema di martellatura diretta. I pali di sostegno sono realizzati in acciaio S 355 JR più adatto per essere martellato senza deformazioni nella testa martellata.

Il periodo di vibrazione naturale dell'intera struttura è inferiore a 1 secondo, quindi il comportamento della struttura può essere classificato "rigido" per quanto riguarda il calcolo. La struttura portante su cui saranno installati i moduli fotovoltaici, sarà realizzata con profili in acciaio zincato a caldo sorretta da n°6 montanti in acciaio necessari a garantire le strutture di sostegno, infissi nel terreno ad una profondità variabile tra 1,5 e 2,0 m, in funzione della pendenza del terreno.

Il sistema di sostegno deve reggere il peso dei montanti e dei moduli, oltre ai carichi derivanti da condizioni ambientali avverse. Tali montanti saranno realizzati in profilati zincati a caldo ad omega, per il bloccaggio dei moduli fotovoltaici. Ulteriori dettagli sul sistema di fissaggio dei moduli sono riportati nella scheda tecnica fornita dal costruttore. Il progetto prevede di utilizzare strutture portanti adatte al terreno in sito, con la possibilità di scegliere tra pali infissi nel terreno, mediante l'impiego di attrezzature battipalo o di pali a vite.

In entrambe le soluzioni non si prevedono basamenti in cemento, allo scopo di ridurre al minimo possibile l'impatto sul terreno. Inoltre si facilita anche il piano di dismissione degli impianti.

1.2 Carichi agenti su ogni struttura

1. Carichi permanenti:

- Peso moduli;
- Peso struttura di supporto moduli;

2. Carico neve:

- Zona di carico neve III;

3. Carico vento:

- Zona di vento 4 (Sicilia e provincia di Reggio Calabria);
- Altezza riferita al livello del terreno $z < 4,00\text{m}$;
- $V_r = 28 \text{ m/s}$ (Velocità base di riferimento);
- $q_r = 0,49 \text{ kN/m}^2$ (Pressione cinetica di riferimento);
- $q_t = 0,88 \text{ kN/m}^2$ (Pressione in direzione tangenziale).

1.3 Descrizione della modellazione statica

Per la trasmissione dei carichi sugli elementi di supporto si utilizzano profilati di alluminio con funzione di arcarecci. 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 (trave Gerber) con articolazioni in punti specifici.

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 sei profili di appoggio inseriti 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 del modulo. 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.

Il supporto di appoggio dell'asse orizzontale, n°6 appoggi, è formato da un profilo circolare che viene inserito nel terreno di fondazione ad una definita profondità di interrimento. A questo scopo sono necessarie delle analisi del terreno e prove di carico per determinare le sollecitazioni trasmissibili, prova allo sfilamento, che verrà eseguito nel progetto esecutivo.

3. Cabine elettriche

Per le cabine elettriche è previsto l'utilizzo di un'unica tipologia costruttiva, ovvero strutture prefabbricate rispondenti alle norme di sicurezza ed alla normativa tecnica per cui sono state prodotte. Gli elementi prefabbricati poggeranno su un basamento interrato in cemento 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 statica. 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.

4. Conclusioni

Il presente documento 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.