



REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA
COMUNE DI OPPIDO LUCANO



PROGETTO DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRIVOLTAICO PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI OPPIDO LUCANO (PZ) NELLE CONTRADE DI "PIANI GORGO" E DI "PEZZA CHIARELLA" E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE CON POTENZA PARI A 16.883,10 kW_p (15.600,00 kW IN IMMISSIONE) INTEGRATO CON TECNOLOGIA STORAGE.

PROGETTO DEFINITIVO

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE
DEGLI ELEMENTI TECNICI



livello prog.	GOAL	tipo doc.	N° elaborato	N° foglio	NOME FILE	DATA	SCALA
PD					OP1314_A11	04.08.2021	1:25.000

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO



PROPONENTE:

OMEGA CENTAURO S.R.L.
Via Mercato 3, 20121 Milano (MI)
CF:11467100969

ENTE:

PROGETTAZIONE:

HORIZONFIRM

Ing. D. Siracusa
Ing. A. Costantino
Ing. C. Chiaruzzi
Arch. A. Calandrino
Arch. M. Gullo
Arch. S. Martorana
Arch. F. G. Mazzola
Arch. P. Provenzano
Arch. Y. Kokalah
Arch. G. Vella
Ing. G. Buffa
Ing. G. Schillaci



IL PROGETTISTA

***Impianto fotovoltaico identificato con codice di
rintracciabilità 201900194***

***Disciplinare descrittivo e prestazionale
degli elementi tecnici***

Potenza del generatore fotovoltaico = 16883,1 kWp

Potenza nominale impianto = 15600 kW

Potenza in immissione concessa = 15600 kW

Sommario

1.	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI	3
1.1	Generalità	3
1.2	Layout impianto	5
1.2.1	Sotto-sezione A (Località Piani Gorgo)	6
1.2.2	Sotto-sezione B (Località Pezza Chiarella)	10
2.	CARATTERISTICHE TECNICHE	14
2.1	Moduli fotovoltaici	14
2.2	Strutture di supporto	15
2.3	Cavi BT	17
2.3.1	Linee elettriche di bassa tensione in DC	17
2.3.2	Cavi elettrici di bassa tensione in AC	18
2.4	Quadri parallelo stringhe	19
2.5	Inverter	20
2.6	Locali di trasformazione impianto fotovoltaico	21
2.7	Trasformatori di potenza BT/MT	21
2.8	Energy station	22
2.9	Cabine di raccolta	25
2.10	Quadro elettrico generale di media tensione	25
2.10.1	Dispositivo Generale utente (DG)	25
2.10.2	Quadro servizi ausiliari	26
2.10.3	Gruppi di misura dell'energia	26
2.11	Servizi ausiliari di impianto	27
2.12	Valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio	29
2.12.1	Valutazione delle prestazioni in energia	29
2.12.2	Valutazione delle prestazioni in potenza	29
3.	SICUREZZA ELETTRICA	31
3.1	Protezione dalle sovracorrenti	31
3.2	Protezione contro i contatti diretti	31
3.3	Protezione contro i contatti indiretti	31

1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI

1.1 Generalità

La presente relazione tecnica è parte integrante del progetto definitivo della centrale di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile, attraverso tecnologia fotovoltaica, denominata "OPPIDO".

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico. L'area per l'installazione dell'impianto agrivoltaico si trova nel territorio comunale di Oppido Lucano (PZ) in località "Piani Gorgo" su lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 22, p.lle 199, 447, 448, 574, 456, 457, 467, 468, 469, 470, 471, 723 e in località "Pezza Chiarella" su lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 25, p.lle 102, 263, 174, 177, 45, 49, 452, 453, 145, 146; mentre le opere di connessione si trovano al Foglio 25, p.lle 602 e 603 del medesimo territorio comunale. L'impianto oggetto di progettazione, ha una potenza di picco¹ pari a **16.883,1 kWp** e sarà connesso alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale RTN a 150 kV. Lo schema di connessione alla Rete, prescritto dal Gestore della Rete Elettrica di Trasmissione con preventivo di connessione ricevuto in data 23/05/2019 e identificato con Codice Pratica 201900194 Prot. Terna 0037201, prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV su uno stallo a 150 kV della Stazione Elettrica di Smistamento (SE) della RTN a 150 kV denominata "Oppido", previa realizzazione di un nuovo elettrodotto a 150 kV di collegamento tra la SE Oppido e la SE a 380/150 kV di Genzano.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della centrale alla stazione elettrica della RTN, costituisce ***Impianto di Utenza per la Connessione***, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce ***Impianto di Rete per la Connessione***. La restante parte di impianto, a valle dell'impianto di utenza per la connessione, si configura, ai sensi della Norma CEI 0-16, come ***Impianto di Utenza***.

Per una maggiore comprensione di quanto descritto, viene riportato lo schema tipico di inserimento in antenna riportato nel Codice di Rete Terna:

¹ Per potenza di picco del Campo Fotovoltaico si intende, ai sensi della Norma CEI 0-16, la somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici installati valutate in condizioni STC

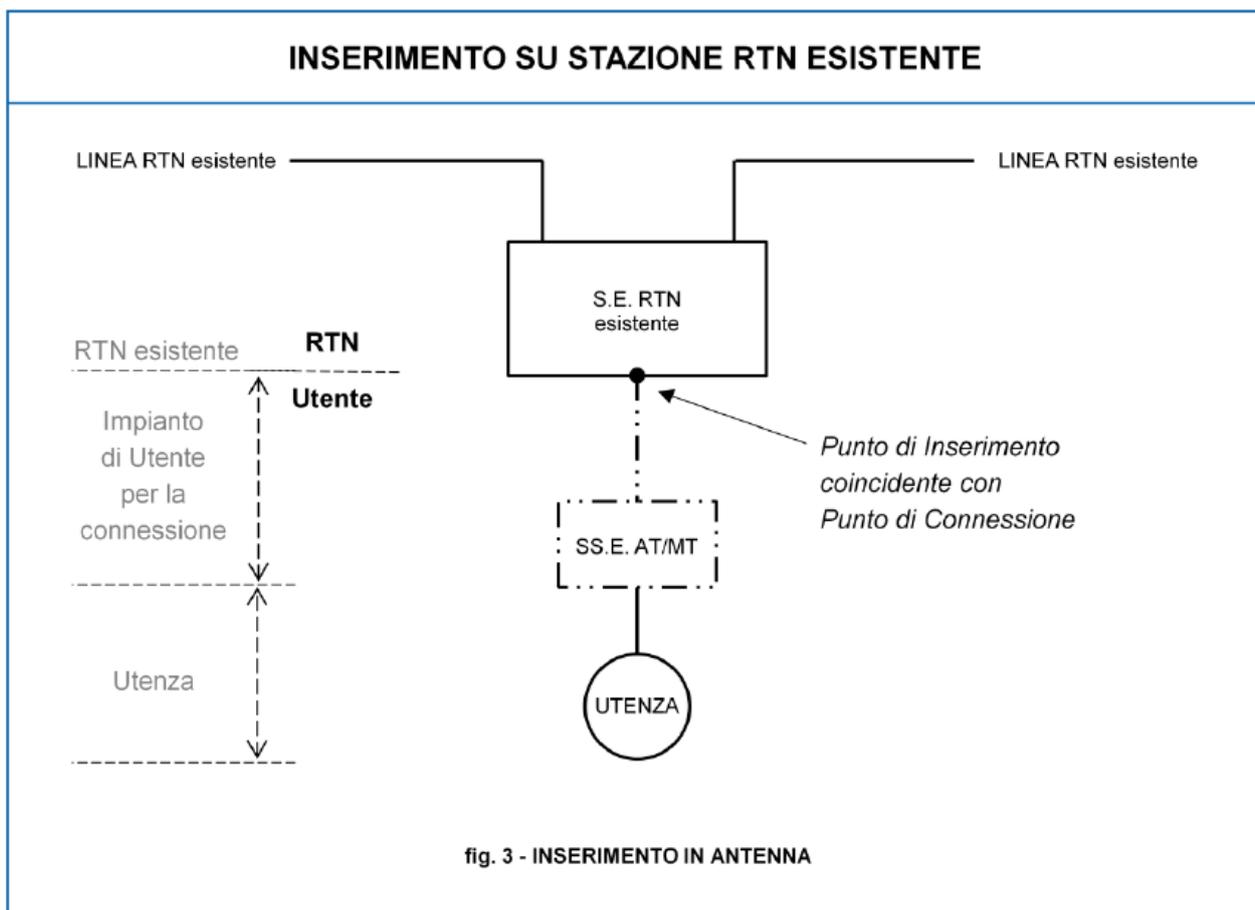


Figura 1: Schema tipico di inserimento in antenna di un impianto di produzione su Stazione Elettrica Esistente

Considerando che l'impianto sarà sottoposto ad ***Iter Autorizzativo Unico***, ai sensi del D.Lgs. n° 387 del 2003, la Società Proponente espletterà direttamente la procedura autorizzativa fino al conseguimento dell'autorizzazione, oltre che per l'impianto di produzione e di utenza, anche per le opere di rete strettamente necessarie per la connessione alla RTN indicate nella "*Soluzione Tecnica Minima Generale di Connessione*" STMG descritta nel preventivo di connessione sopra citato.

Il progetto dell'Impianto di Rete per la Connessione, è stato elaborato in piena osservanza della STMG e sottoposto preliminarmente al Gestore, prima della presentazione alle Amministrazioni, ai fini del rilascio del parere di rispondenza ai requisiti tecnici indicati nel Codice di Rete.

In questo contesto verranno descritte le caratteristiche delle Opere Elettriche dei componenti costituenti l'impianto di Utenza, rimandando ad apposita relazione tecnica per quanto riguarda le caratteristiche dell'impianto di rete per la connessione

1.2 Layout impianto

L'impianto di produzione di energia elettrica oggetto dell'iniziativa intrapresa dalla Società **Omega Centauro S.r.l.**, ha una potenza di picco, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici scelti in fase di progettazione definitiva, pari a **16.883,1 kWp** e, conformemente a quanto prescritto dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, verrà collegato in antenna su un nuovo stallo a 150 kV della Stazione Elettrica di Smistamento della RTN denominata OPPIDO.

Fermo restando le caratteristiche delle Opere di Utenza per la Connessione (elettrodotti MT di collegamento con la Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT, Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT e linea elettrica in cavo interrato a 150 kV di collegamento con la SE Terna) descritte nel progetto delle Opere di Rete necessarie per la connessione sottoposto al Gestore ai fini del rilascio del parere di rispondenza ai requisiti tecnici indicati nel Codice di Rete (e a cui si rimanda per maggiori dettagli), in questo contesto l'attenzione verrà focalizzata sul dimensionamento e sulle caratteristiche delle Opere di Utenza costituenti il parco di generazione.

Il generatore fotovoltaico, ovvero la parte di impianto che converte la radiazione solare in energia elettrica direttamente sfruttando l'effetto fotovoltaico, è stato dimensionato applicando il criterio della superficie utile disponibile, tenendo dei distanziamenti da mantenere tra i filari di tracker per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento e degli spazi necessari per l'installazione delle stazioni di conversione e trasformazione dell'energia elettrica.

Per la realizzazione del campo di generazione, in questa fase della progettazione, si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici **CanadianSolar BiHiKu 6 bifacciali da 585Wp costituiti da 156 celle in silicio mono cristallino.**

Al fine di massimizzare la producibilità annua dell'impianto, si è scelto di utilizzare **strutture tracker monoassiali del tipo 2-V** da 52 moduli. Come riscontrabile dal layout di impianto, negli appezzamenti di terreno ricadenti in località Pezza Chiarella sono stati disposti complessivamente 275 Tracker, mentre in quelli ricadenti in località Piani Gorgo complessivamente abbiamo 280 Tracker.

Complessivamente dunque sono stati posizionati 555 Tracker e pertanto, tenendo conto della potenza nominale del singolo, la potenza complessiva dell'impianto sarà pari a **16.883,1 kWp.**

Per descrivere in maniera dettagliata l'architettura dell'impianto, in questo contesto chiameremo **Sotto-sezione A** la porzione di impianto che verrà realizzata in Località Piani Gorgo e **Sotto-sezione B** la porzione di impianto che verrà realizzato in Località Pezza Chiarella.

1.2.1 Sotto-sezione A (Località Piani Gorgo)

La sezione di impianto ricadente in località Piani Gorgo verrà realizzata sui lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 15, p.lla 384 e Foglio 22, p.lle 199, 447, 448, 574, 456, 457, 467, 468, 469, 470, 471, 723, e sarà suddivisa in 3 sottocampi fotovoltaici:

- Sottocampo 1, da 2783,43 kWp;
- Sottocampo 2, da 2783,43 kWp;
- Sottocampo 3, da 2950,74 kWp.

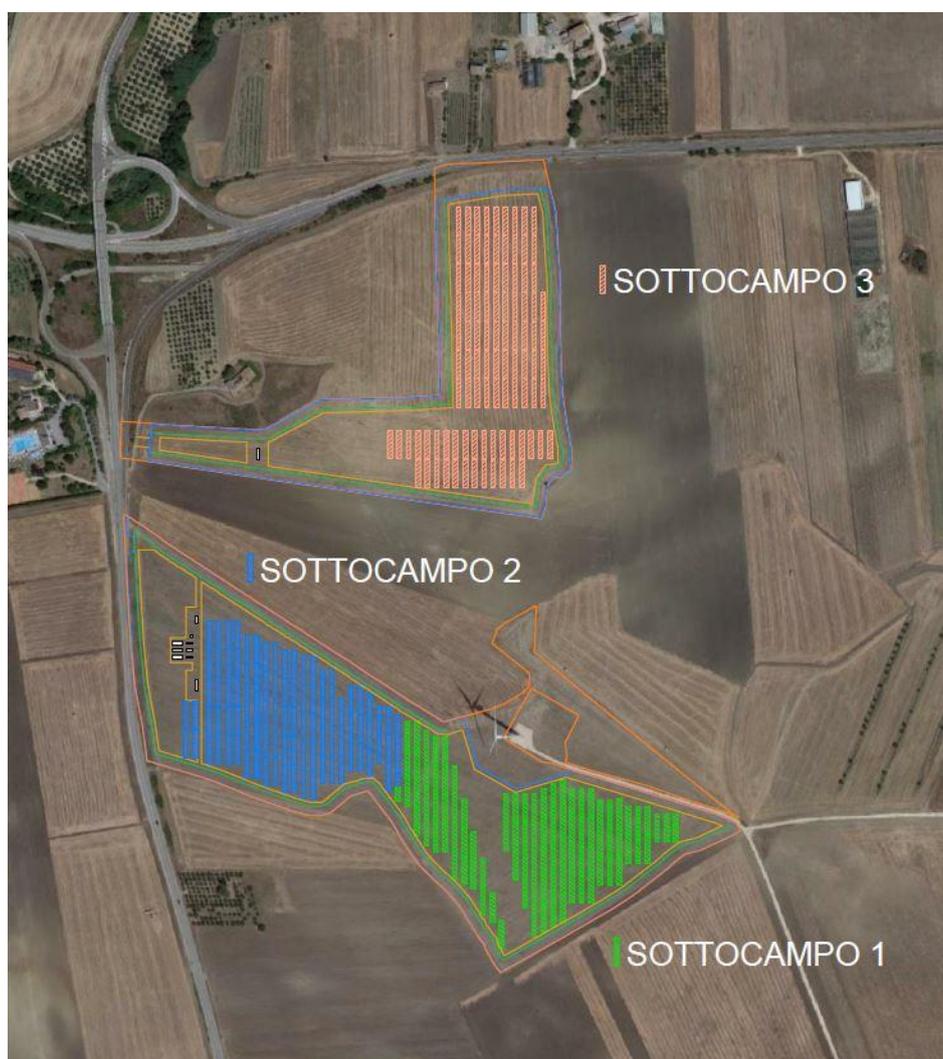


Figura 2: Sottocampi impianto Fv località Piani Gorgo

Per ciascun sottocampo, si utilizzeranno inverter multistringa della serie **HUAWEI SUN 2000-215 KTL-H0** per una potenza complessiva di **7.800 kW**.

Definito il layout di impianto di impianto (soluzione con inverter di multistringa), il numero di moduli della stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo, sono stati determinati coordinando opportunamente le caratteristiche dei moduli fotovoltaici con quelle degli inverter scelti, rispettando le seguenti 4 condizioni:

1. la massima tensione del generatore fotovoltaico deve essere inferiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter;
2. la massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
3. la minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
4. la massima corrente del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima corrente in ingresso all'inverter.

Considerando che i tracker scelti sono predisposti per l'installazione di 52 moduli fotovoltaici, la verifica delle quattro precedenti condizioni è stata condotta ipotizzando di realizzare stringhe ***fotovoltaiche da 26 moduli***, ottenendo esito positivo.

Gli inverter di uno stesso sottocampo, verranno collegati ad un trasformatore elevatore BT/MT, attraverso il quale la tensione del generatore verrà elevata ad un livello ottimale per il vettoriamento dell'energia elettrica verso la Sottostazione Elettrica di Trasformazione MT/AT 30/150kV, che la Società proponente realizzerà nelle particelle 602 e 603 _Foglio 25 del Comune di Oppido Lucano.

I trasformatori di campo, sono stati opportunamente dimensionati in funzione del numero di inverter sottesi, e verranno installati all'interno di appositi locali di dimensioni tali da consentire, oltre all'installazione dei quadri elettrici di media e bassa tensione, idonei corridoi di servizio e manutenzione.

Considerando che i sottocampi 1&2 verranno realizzati su appezzamenti di terreno contigui, al fine di ridurre gli ingombri e il conseguente impatto ambientale, condivideranno il locale di trasformazione BT/MT, mentre per il sottocampo 3 è prevista la realizzazione di un locale dedicato.

I locali menzionati, verranno collegati al quadro elettrico generale di media tensione installato all'interno della cabina di raccolta, posizionata nella particella 723 _ Foglio 25 del Comune di Oppido Lucano, attraverso una linea elettrica di media tensione dedicata realizzata in ***cavo tripolare ad elica visibile ARE4H5EX 18/30kV*** adatto per posa interrata:

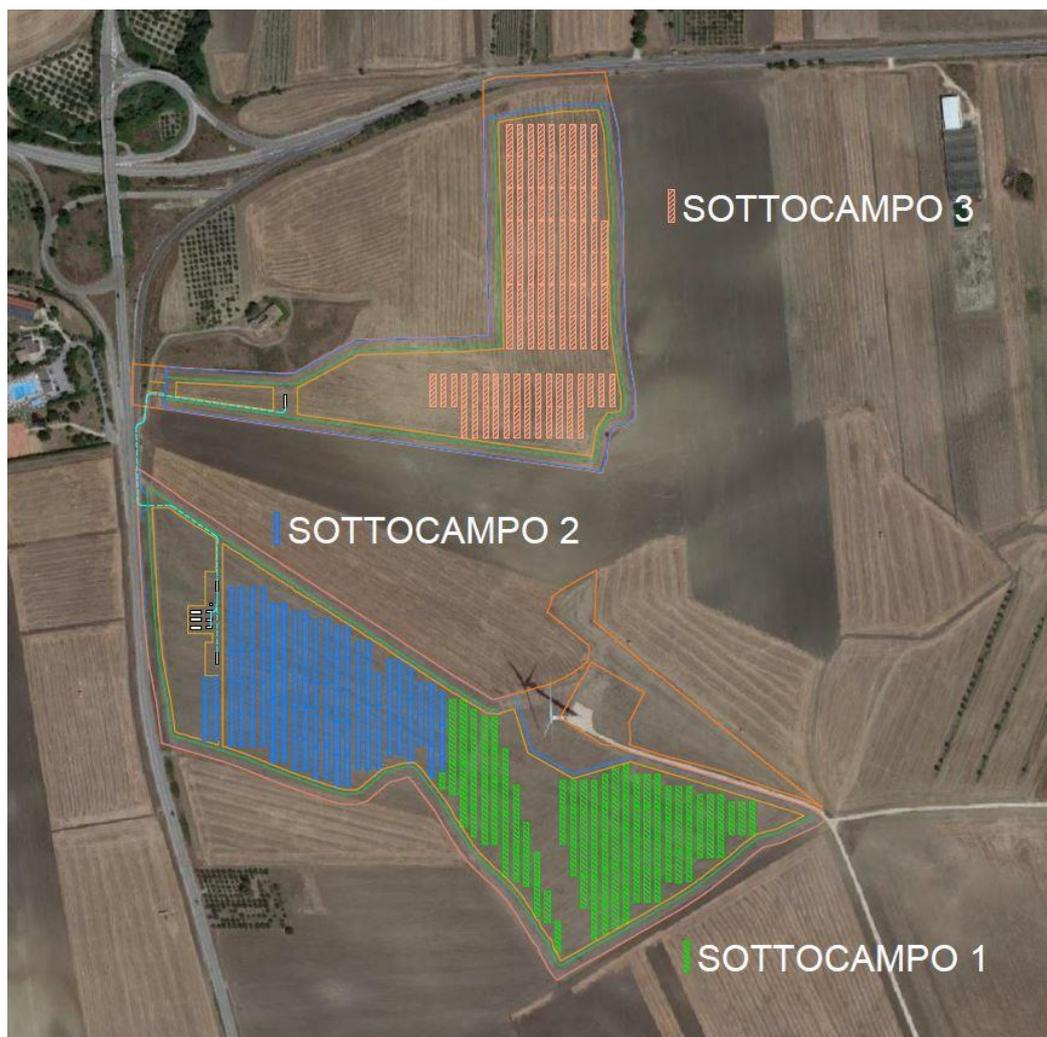


Figura 3: Inquadramento sottocampi e linee di collegamento MT interrato

Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate e dallo schema elettrico unifilare, a cui si rimanda per una maggiore comprensione di quanto descritto, l'impianto verrà integrato con un sistema di accumulo elettrico di tipo elettrochimico, installato nelle stesse aree in cui è prevista la realizzazione dei parchi di generazione.

Il sistema di accumulo avrà una potenza di 7.500 kW ed una DC Usable capacity di 14.940 kWh con tempo di carica/scarica di 2 ore, opererà come sistema integrato all'impianto fotovoltaico al fine di accumulare la parte di energia prodotta dal medesimo e non dispacciata in rete e rilasciarla in orari in cui l'impianto fotovoltaico non è in produzione o ha una produzione limitata, e sarà costituito da n. 3 Energy Station da 2,5 MW, ciascuna avente le caratteristiche di cui alla tabella di seguito riportata:

TARGET CAPACITY LEVEL [MWh AC]	15
TARGET POWER CAPACITY [MWAC]	7.5
AC Connection Specification	30kV 50/60Hz
PV-Coupling	AC
Battery Enclosure Quantity, BOL	6
BESS ENCLOSURE USABLE ENERGY [MWh]	2.49
TOTAL USABLE CAPACITY [MWh]	14.94
PCS Skid Quantity, BOL	3
PCS CAPACITY [MVA]	2.5 MVA@50°C
Aux MV Transformer Quantity	1

Tabella 1: datasheet sistema di accumulo

Dalla cabina di raccolta della Sezione-A partirà una linea elettrica di media tensione in ***cavo tripolare ad elica visibile ARE4H5EX 18/30kV*** attraverso la quale l'energia prodotta dal campo verrà vettoriata verso la Sottostazione Elettrica di Utenza.

1.2.2 Sotto-sezione B (Località Pezza Chiarella)

La sezione di impianto ricadente in località Pezza Chiarella verrà realizzata sui lotti di terreno distinti al N.T.C. N.T.C. Foglio 25, p.lle 102, 263, 174, 177, 45, 49, 452, 453, 145 3 146, e sarà suddivisa in 3 sottocampi fotovoltaici:

- Sottocampo 4, da 2935,53 kWp;
- Sottocampo 5, da 2935,53 kWp;
- Sottocampo 6, da 2494,44 kWp;



Figura 4: Sottocampi impianto Fv località Pezza Chiarella

Per ciascun sottocampo, si utilizzeranno inverter multistringa della serie **HUAWEI SUN 2000-215 KTL-HO** per una potenza complessiva di **7.800 kW**.

Definito il layout di impianto di impianto (soluzione con inverter di multistringa), il numero di moduli della stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo, sono stati determinati coordinando

opportunamente le caratteristiche dei moduli fotovoltaici con quelle degli inverter scelti, rispettando le seguenti 4 condizioni:

1. la massima tensione del generatore fotovoltaico deve essere inferiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter;
2. la massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
3. la minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
4. la massima corrente del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima corrente in ingresso all'inverter.

Considerando che i tracker scelti sono predisposti per l'installazione di 52 moduli fotovoltaici, la verifica delle quattro precedenti condizioni è stata condotta ipotizzando di realizzare stringhe ***fotovoltaiche da 26 moduli***, ottenendo esito positivo.

Gli inverter di uno stesso sottocampo, verranno collegati ad un trasformatore elevatore BT/MT, attraverso il quale la tensione del generatore verrà elevata ad un livello ottimale per il vettoriamento dell'energia elettrica verso la Sottostazione Elettrica di Trasformazione MT/AT 30/150kV, che la Società proponente realizzerà nelle particelle 602 e 603 _Foglio 25 del Comune di Oppido Lucano.

I trasformatori di campo, sono stati opportunamente dimensionati in funzione del numero di inverter sottesi, e verranno installati all'interno di appositi locali di dimensioni tali da consentire, oltre all'installazione dei quadri elettrici di media e bassa tensione, idonei corridoi di servizio e manutenzione.

Considerando che i sottocampi 1&2 verranno realizzati su appezzamenti di terreno contigui, al fine di ridurre gli ingombri e il conseguente impatto ambientale, condivideranno il locale di trasformazione BT/MT, mentre per il sottocampo 3 è prevista la realizzazione di un locale di dedicato.

I locali menzionati, verranno collegati al quadro elettrico generale di media tensione installato all'interno della cabina di raccolta, posizionata nella particella 263 _ Foglio 25 del comune di Oppido Lucano, attraverso una linea elettrica di media tensione dedicata realizzata in ***cavo tripolare ad elica visibile ARE4H5EX 18/30kV*** adatto per posa interrata:

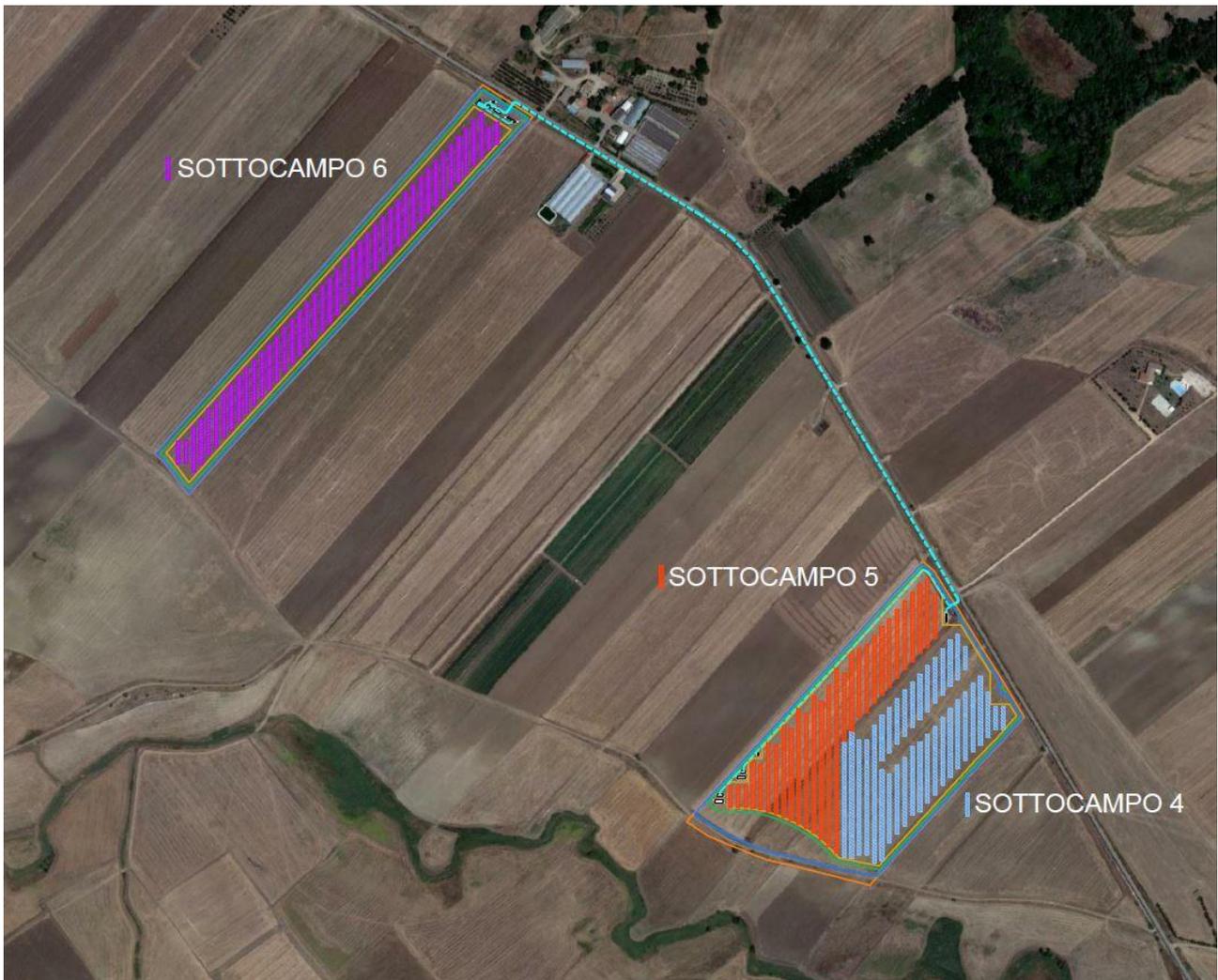


Figura 5: Inquadramento sottocampi e linee di collegamento MT interrato

Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate e dallo schema elettrico unifilare, a cui si rimanda per una maggiore comprensione di quanto descritto, l'impianto verrà integrato con un sistema di accumulo elettrico di tipo elettrochimico, installato nelle stesse aree in cui è prevista la realizzazione dei parchi di generazione.

Il sistema di accumulo avrà una potenza di 7.500 kW ed una DC Usable capacity di 14.940 kWh con tempo di carica/scarica di 2 ore, opererà *come sistema integrato all'impianto fotovoltaico* al fine di accumulare la parte di energia prodotta dal medesimo e non dispacciata in rete e rilasciarla in orari in cui l'impianto fotovoltaico non è in produzione o ha una produzione limitata, e sarà costituito da n. 3 Energy Station da 2,5 MW, ciascuna avente le caratteristiche di cui alla tabella di seguito riportata:

TARGET CAPACITY LEVEL [MWh AC]	15
TARGET POWER CAPACITY [MWAC]	7.5
AC Connection Specification	30kV 50/60Hz
PV-Coupling	AC
Battery Enclosure Quantity, BOL	6
BESS ENCLOSURE USABLE ENERGY [MWh]	2.49
TOTAL USABLE CAPACITY [MWh]	14.94
PCS Skid Quantity, BOL	3
PCS CAPACITY [MVA]	2.5 MVA@50°C
Aux MV Transformer Quantity	1

Tabella 2: datasheet sistema di accumulo

Dalla cabina di raccolta della Sezione-A partirà una linea elettrica di media tensione in ***cavo tripolare ad elica visibile ARE4H5EX 18/30kV*** attraverso la quale l'energia prodotta dal campo verrà vettoriata verso la Sottostazione Elettrica di Utenza.

2. CARATTERISTICHE TECNICHE

2.1 Moduli fotovoltaici

Premesso che i moduli verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in fase di realizzazione, in questa fase della progettazione, ai fini del dimensionamento di massima del generatore fotovoltaico si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici **CanadianSolar BiHiKu 6** bifacciali da 585Wp costituiti da 156 celle in silicio monocristallino.

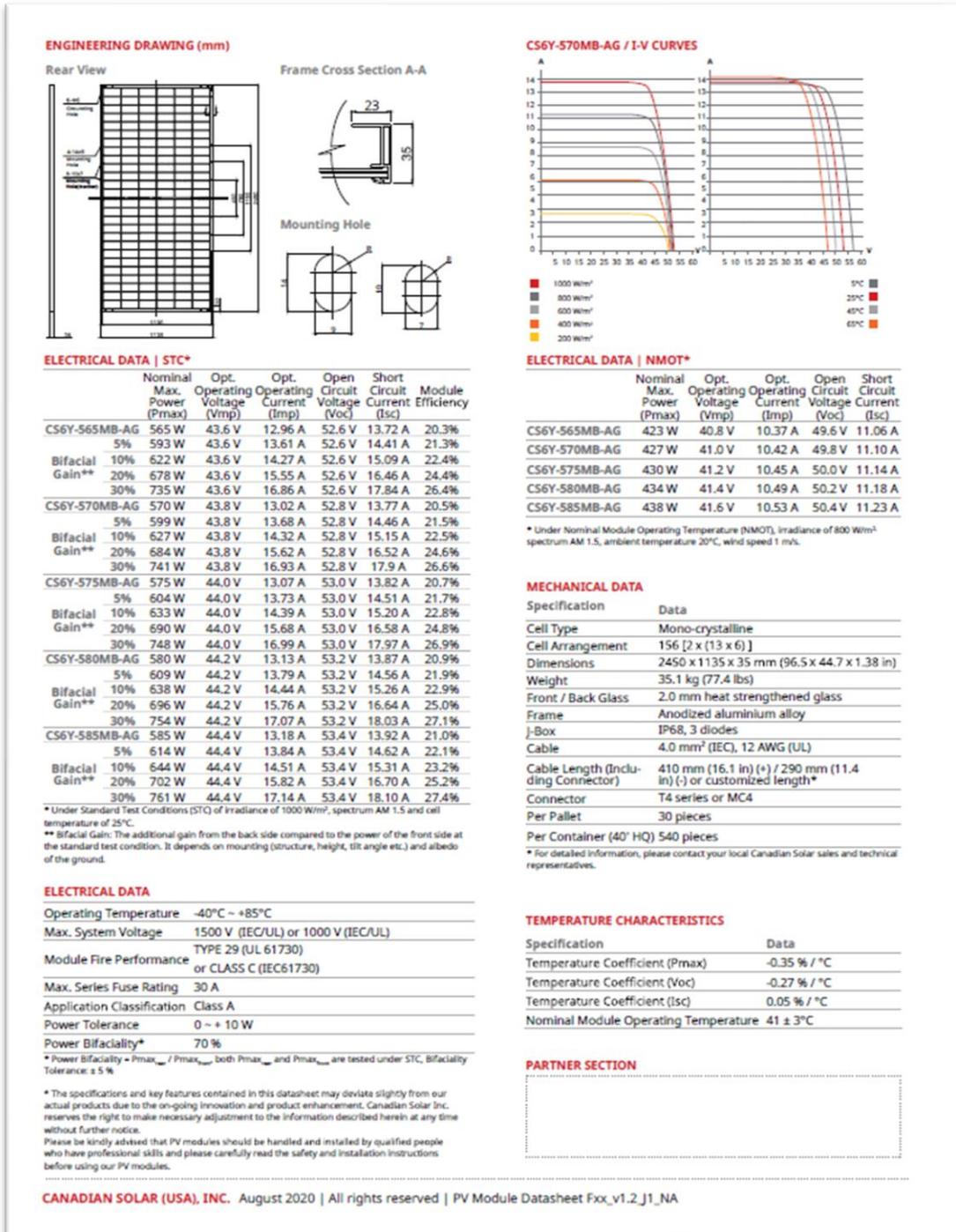


Tabella 3: Datasheet moduli fotovoltaici

2.2 Strutture di supporto

L'impianto progettato si avvale di inseguitori monoassiali di rollio ad asse orizzontale (la rotazione avviene attorno ad un asse parallelo al suolo, orientato NORD-SUD, con inseguimento EST-OVEST). Le strutture sono costituite da tubolari metallici in acciaio opportunamente dimensionati; si attestano orizzontalmente ad un'altezza di circa 2,80 m in fase di riposo, mentre in fase di esercizio raggiungono una quota massima di circa 4,20 metri di altezza massima rispetto alla quota del terreno.

Tale struttura a reticolo viene appoggiata a pilastri di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo. In fase esecutiva l'inseguitore potrà essere sostituito da altri analoghi modelli, anche di altri costruttori concorrenti (ad es, ZIMMERMANN ed altri) in relazione allo stato dell'arte della tecnologia al momento della realizzazione del Parco, con l'obiettivo di minimizzare l'impronta al suolo a parità di potenza installata.

Le strutture di sostegno dei moduli sono costituite da profili metallici in acciaio zincato a caldo opportunamente dimensionati, che vengono posizionati ad un'altezza di circa 1,5 m e posizionati orizzontalmente seguendo la giacitura del terreno. Tale struttura a reticolo viene appoggiata a pilastri di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo.

Si tratta di una struttura metallica costituita essenzialmente da:

- Il corpo di sostegno disponibile come sostegno singolo o articolato a seconda del numero di moduli da applicare. La leggerezza dell'alluminio e la robustezza dell'acciaio raggiungono un'ottima combinazione e attraverso il profilo monoblocco vengono evitate ulteriori giunzioni suscettibili alla corrosione e alla maggiore applicazione;
- Le traverse sono rapportate alle forze di carico. Tutti i profili sono integrati da scanalature che permettono un facile montaggio. Le traverse sono fissate al sostegno con particolari morsetti. Le traverse sono dotate del pregiato Klick-System;
- Le fondazioni costituite semplicemente da un profilato in acciaio zincato a caldo conficcato nel terreno disponibile in più lunghezze standard. La forma del profilo supporta ottimamente i carichi statici e dinamici. Rispetto ai profili laminati il risparmio di materiale è del 50%.

Sinteticamente i vantaggi della struttura utilizzata si possono così riassumere:

- Logistica
 - Alto grado di prefabbricazione;

- Montaggio facile e veloce;
- Componenti del sistema perfettamente integrati.
- **Materiali**
 - Materiale interamente metallico (alluminio/inox) con notevole aspettativa di durata;
 - Materiali altamente riciclabili;
 - Aspetto leggero dovuto alla forma dei profili ottimizzata.
- **Costruzione**
 - Facilità di installazione di moduli laminati o con cornice;
 - Possibilità di regolazione per terreni accidentati;
 - Facile e vantaggiosa integrazione con un sistema parafulmine.
- **Calcoli statici**
 - Forza di impatto del vento calcolata sulla base delle più recenti e aggiornate conoscenze scientifiche e di innovazione tecnologiche;
 - Traverse rapportate alle forze di carico;
 - Ottimizzazione di collegamento fra i vari elementi.

Per l'elaborato specifico in cui sono riportate piante, prospetti e particolari della struttura si rimanda all'elaborato D18 – Particolari tracker monoassiali.



Figura 6: Rappresentazione della struttura di supporto



Figura7: Rappresentazione della struttura di supporto

2.3 Cavi BT

All'interno dell'impianto di utenza si individuano due tipologie di cavi di bassa tensione:

- cavi di bassa tensione in c.a. per il collegamento dei quadri elettrici di bassa tensione agli avvolgimenti di bassa tensione di trasformatori e agli inverter;
- cavi elettrici di bassa tensione in c.c. per il collegamento degli ingressi in corrente continua degli inverter ai quadri di parallelo stringhe, e da questi alle stringhe fotovoltaiche.

Per il cablaggio dei moduli e per il collegamento tra le stringhe e i quadri di campo sono previsti cavi solari in doppio isolamento o equivalenti appositamente progettati per l'impiego in campi FV per la produzione di energia.

2.3.1 Linee elettriche di bassa tensione in DC

Le linee elettriche di bassa tensione in corrente continua, consentiranno di collegare le stringhe fotovoltaiche agli inverter, i quali, come detto in precedenza, verranno dislocati sul campo in posizione quanto più possibile baricentrica, in modo tale da ottimizzare lo sviluppo delle linee e limitare le perdite di potenza attiva per effetto Joule.

Ciascuna delle linee menzionate, è stata dimensionata in funzione della massima corrente di stringa, incrementata cautelativamente del 25% per tenere conto dell'aumento della corrente di cortocircuito del modulo a causa di valori di irraggiamento superiori a 1000 W/m².

Supponendo di utilizzare *cavi solari H1Z2Z2-K*, assumendo una lunghezza media di 25 m e nell'ottica di limitare le perdite di potenza attiva a valori non superiori all'1%, la sezione minima da adottare è quella da 10 mm². La scelta adottata potrà subire modifiche in fase di progettazione esecutiva.

Basse Tension Bassa Tensione		H1Z2Z2-K					Photovoltaïque Fotovoltaico	
Formation	Ø approx. conducteur	Épaisseur moyenne isolant	Épaisseur moyenne gaine	Ø. approx. production	Poids approx. câble	Résistance électrique max à 20°C	Intensité admissible à l'air libre Portata di corrente in aria libera	
Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Câble seul Singolo cavo 60°C	2 câbles adjacents 2 cavi adiacenti 60°C
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A
1 x 1,5	1,5	0,7	0,8	4,7	34	13,7	30	24
1 x 2,5	2,1	0,7	0,8	5,2	47	8,21	40	33
1 x 4	2,5	0,7	0,8	5,8	58	5,09	55	44
1 x 6	3,0	0,7	0,8	6,5	80	3,39	70	70
1 x 10	4,0	0,7	0,8	7,9	127	1,95	95	95
1 x 16	5,0	0,7	0,9	8,8	180	1,24	130	107
1 x 25	6,2	0,9	1,0	10,6	270	0,795	180	142
1 x 35	7,6	0,9	1,1	12,0	360	0,565	220	176
1 x 50	8,9	1,0	1,2	14,1	515	0,393	280	221
1 x 70	10,5	1,1	1,2	15,9	720	0,277	350	278
1 x 95	12,5	1,1	1,3	17,7	915	0,210	410	333
1 x 120	13,7	1,2	1,3	19,8	1160	0,164	480	390
1 x 150	16,1	1,4	1,4	21,7	1460	0,132	566	453
1 x 185	17,7	1,6	1,6	24,1	1780	0,108	644	515
1 x 240	19,9	1,7	1,7	26,7	2310	0,082	775	620

Tabella 4: Scheda tecnica cavi solari H1Z2Z2-K

2.3.2 Cavi elettrici di bassa tensione in AC

I cavi elettrici di bassa tensione in corrente alternata, consentiranno di collegare gli inverter al quadro elettrico di bassa tensione, installato all'interno della cabina elettrica di trasformazione BT/MT di competenza.

Il loro dimensionamento è stato condotto applicando il criterio termico e considerando una corrente di impiego pari alla massima corrente di uscita del gruppo di conversione (deducibile dalla tabella 3) cautelativamente incrementata del 20%.

Supponendo di utilizzare cavi FG7(O)R, ipotizzando una lunghezza media di 250 m e applicando un coefficiente correttivo della portata dei cavi pari a 0,8 per tenere conto della possibile condivisione della trincea di scavo con altre linee, la sezione minima che consente di limitare le perdite di potenza attiva e la caduta di tensione al di sotto del 2% e del 4% rispettivamente, è quella da 150 mm².

2.4 Quadri parallelo stringhe

I quadri di parallelo stringhe QPS hanno la funzione di collegare in parallelo le varie stringhe di moduli.

I QPS verranno montati direttamente sulle strutture di supporto dei moduli e saranno equipaggiati con le seguenti apparecchiature:

- N. 1 IMS con fusibile per ciascuna stringa;
- N. 1 diodo di blocco per ciascuna stringa;
- N.1 sezionatore sotto carico;
- N.1 scaricatore allo stato solido da 800Vca per ogni polo.

La struttura dei QPS sarà in resina autoestinguente con portina frontale trasparente montata su cerniere e munita di battuta in neoprene. Ciascun quadro sarà provvisto di staffe di ancoraggio e di ingressi e uscite cavi muniti di pressacavo.

Tutte le apparecchiature saranno accessibili singolarmente per il controllo e l'eventuale asportazione senza necessità di rimuovere quelle adiacenti; le sbarre di collegamento saranno di rame elettrolitico e i cavi unipolari di sezione opportuna.

La morsettiera generata conterrà uno o più contatti dell'impianto di terra, dove saranno collegate tutte le parti metalliche facenti parte del quadro stesso.

I quadri, adatti per l'installazione all'esterno, avranno le seguenti caratteristiche:

- a) materiale antiurto ed autoestinguente;
- b) inalterabilità per temperatura -10 / +50 °C;
- c) grado di protezione IP 65.

I suddetti quadri di campo realizzano il sezionamento ed il parallelo delle stringhe dei moduli provenienti dal campo fotovoltaico.

Esse disporranno al loro interno dell'elettronica necessaria per il cablaggio nonché protezione contro scariche provocate da fulmini e rotture dei moduli stessi. Dalle cassette di derivazione partiranno i cavi di collegamento (rivestiti in pvc o in gomma) fino alla cabina di trasformazione in cui sono contenuti gli inverter. Tutti i cavi utilizzati sono rispondenti alla norma CEI 20-22.

2.5 Inverter

Il layout di impianto prevede l'utilizzo di inverter multistringa **HUAWEI SUN2000-215KTL-H0**, le cui caratteristiche elettriche lato AC sono deducibili dalla scheda tecnica di seguito riportata:

Technical Specifications	SUN2000-196KTL-H0	SUN2000-200KTL-H2	SUN2000-215KTL-H0
Rated active power	196 kW	185 kW	200 kW
Maximum apparent power	216 kVA	215 kVA	215 kVA
Maximum active power (cosφ = 1)	216 kW	215 kW	215 kW
Rated output voltage	800 V AC, 3W+PE	800 V AC, 3W+PE	800 V AC, 3W+PE
Rated output current	141.5 A	133.6 A	144.4 A
Adapted power grid frequency	50 Hz	50 Hz/60 Hz	50 Hz/60 Hz
Maximum output current	155.9 A	155.2 A	155.2 A
Power factor	0.8 leading and 0.8 lagging	0.8 leading and 0.8 lagging	0.8 leading and 0.8 lagging
Maximum total harmonic distortion (rated power)	< 3%	< 3%	< 3%

Tabella 5: Datasheet inverter HUAWEI SUN2000-215KTL

Considerando che la potenza in immissione richiesta al Gestore di Rete in fase di richiesta di connessione alla rete e confermata con preventivo di connessione del 23/05/2019 identificato con Codice Pratica 201900194 Prot. Terna 0037201 è pari a 15.600 kW, tenendo conto della potenza attiva nominale del singolo gruppo di conversione, il numero di inverter necessari per la realizzazione del campo è pari a 78 per una potenza complessiva pari alla potenza in immissione concessa.

2.6 Locali di trasformazione impianto fotovoltaico

Saranno costituiti da container da 40' del tipo High-cube, di dimensioni di circa 12x3x3 m (L x l x h):

40 feet High Cube Specification



40 ft High cube Container			
Dimensions	External	12.192 × 2.438 × 2.896	M
		40 × 8 × 9.5	FT
	Internal	12.031 × 2.348 × 2.695	M
Door Opening (W*H)		2.336 × 2.585	M
Inside Cubic Capacity		76	CBM
Maximum Gross Weight		30,480	KG
Tare Weight		3,990	KG
Maximum Payload		26,490	KG

2.7 Trasformatori di potenza BT/MT

All'interno delle cabine di trasformazione sarà presente un trasformatore BT/MT necessario per elevare la tensione a 30 kV.

I trasformatori saranno adatti per l'installazione in impianti fotovoltaici e, come regola generale, saranno di tipo in resina.

Nel dettaglio all'interno del campo fotovoltaico sono presenti:

- N.3 Trasformatori da 3150 kVA
- N.2 Trasformatori da 3000 kVA
- N.1 Trasformatori da 2500 kVA

I principali dati di targa delle macchine scelte in fase di progettazione definitiva sono di seguito elencati:

- $A_n = 3150$ kVA;
- $V_{1n} = 800$ V;
- $V_{2n} = 30$ kV;
- Collegamento avvolgimento BT: Yn;
- Collegamento avvolgimento MT: D;
- Gruppo: 11;
- $V_{cc\%} = 6\%$;
- Isolamento in resina.

-
- $A_n = 3000 \text{ kVA}$;
 - $V_{1n} = 800 \text{ V}$;
 - $V_{2n} = 30 \text{ kV}$;
 - Collegamento avvolgimento BT: Yn;
 - Collegamento avvolgimento MT: D;
 - Gruppo: 11;
 - $V_{cc\%} = 6\%$;
 - Isolamento in resina.
-

- $A_n = 2500 \text{ kVA}$;
- $V_{1n} = 800 \text{ V}$;
- $V_{2n} = 30 \text{ kV}$;
- Collegamento avvolgimento BT: Yn;
- Collegamento avvolgimento MT: D;
- Gruppo: 11;
- $V_{cc\%} = 6\%$;
- Isolamento in resina.

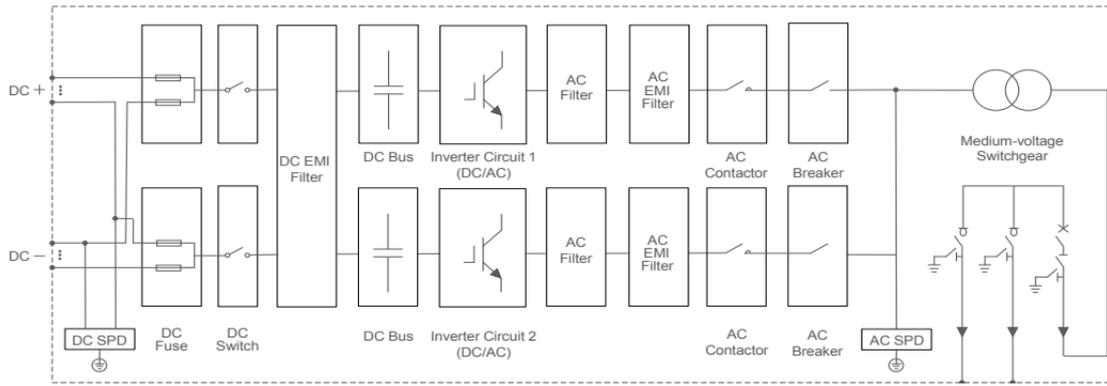
2.8 Energy station

Il sistema di Accumulo che verrà affiancato all'impianto oggetto di questa relazione, viene identificato nel complesso chiamato Energy Station, che consta di:

- BESS ENCLOSURE
- POWER STATION (SUNGROW)

Nel dettaglio la Power Station è una Sungrow SC2500HV-MV, equipaggiata con gruppo di conversione SC2500HV e Trasformatore da 2500 kVA abbinato.

Si riportano schema elettrico unifilare e caratteristiche da datasheet:



System Type	SC2500HV-MV
DC Side	
Max. DC voltage	1500 V
Min. DC voltage	800V
DC voltage range for nominal power	800 – 1500 V
Max. DC current	3508 A
Max. DC power	2806kW
No. of DC inputs	1 or 2 optional
AC Side (Grid)	
AC output power	2750 kVA @ 45 °C / 2500 kVA @ 50 °C
Max.inverter output current	2886 A
AC voltage range	10 – 35 kV
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % I _n
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 1 leading – 1 lagging
Adjustable Reactive power	-100% – 100%
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3
AC Side (Off-Grid)	
Inverter port nominal AC voltage	550 V
Inverter port AC voltage range	484 – 625V
AC voltage Distortion	< 3 % (Linear load)
DC voltage component	< 0.5 % U _n (Linear balance load)
Unbalance load Capacity	100%
Nominal Voltage frequency / Voltage frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
Efficiency	
Inverter Max. efficiency / Inverter European efficiency	98.8 % / 98.5 %
Transformer	
Transformer rated power	2500kVA
Transformer max. power	2750kVA
LV/MV voltage	0.55 kV / 10 – 35 kV
Transformer vector	Dy11
Transformer cooling type	ONAN(Oil Natural Air Natural)
Oil type	Mineral oil(PCB free) or degradable oil on request
Protection	
DC input protection	Load break switch + fuse
inverter output protection	Circuit breaker
AC output protection	Circuit breaker
Overtoltage protection	DC Type II / AC Type II
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes
Insulation monitoring	Yes
Overheat protection	Yes
General Data	
Dimensions (W*H*D)	6058*2896*2438 mm
Weight	17 T
Degree of protection	IP54
Auxiliary power supply	220 Vac, 1.5 kVA / Optional: 480 Vac,30 kVA
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C (> 50 °C derating)

Caratteristiche principali dei trasformatori all'interno delle Power Station:

- $A_n = 2500 \text{ kVA}$;
- $V_{1n} = 550 \text{ V}$;
- $V_{2n} = 30 \text{ kV}$;
- Collegamento avvolgimento BT: Y;
- Collegamento avvolgimento MT: D;
- Gruppo: 11;
- $V_{cc\%} = 6\%$;
- Isolamento in resina.

2.9 Cabine di raccolta

Per ciascuna Sotto-sezione di impianto, è prevista l'installazione di una cabina di raccolta di tipo prefabbricato di dimensioni 8,4 x 2,5m, all'interno della quale verrà installato il quadro elettrico generale di media tensione e un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di impianto.

2.10 Quadro elettrico generale di media tensione

All'interno di cabina di raccolta, è prevista l'installazione di un quadro elettrico generale di media tensione, costituito da scomparti MT isolati in aria, predisposti per essere accoppiati tra loro in modo da costituire un'unica apparecchiatura. Gli scomparti sono stati dimensionati per reti con correnti di cortocircuito di 16 kA e con riferimento alla tensione nominale di 30 kV.

Lo schema unifilare di ciascuno dei quadri, prevede la presenza dei seguenti moduli di media tensione:

- N° 1 scomparto partenza linea verso la sottostazione elettrica di utenza, costituito da un sezionatore generale e un interruttore generale, corredato di un sistema di protezione di massima corrente, massima corrente omopolare e direzionale di terra;
- N° 1 scomparto dispositivo generale, costituito da un sezionatore generale con a valle un interruttore generale, con funzione di massima corrente di fase;
- N° 3 scomparti partenza linea verso il campo fotovoltaico, ciascuno costituito da un sezionatore con a valle un interruttore e asservito da protezione di massima corrente, massima corrente omopolare, direzionale di terra e protezione di interfaccia;
- N° 1 scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari, costituito da un interruttore di manovra sezionatore con fusibile, a protezione del trasformatore installato all'interno della stessa cabina e attraverso cui verranno alimentati i servizi ausiliari di cabina.

2.10.1 Dispositivo Generale utente (DG)

All'interno del Quadro Elettrico Generale di ogni Cabina di Raccolta è previsto un dispositivo di sezionamento e interruzione, posto nello scomparto interruttore generale.

L'interruttore sarà dotato dei seguenti relè di protezione:

- 50/51;

2.11 Protezioni generali e di interfaccia negli scomparti partenza linea verso il campo fotovoltaico

L'interruttore installato nello scomparto partenza linea è di tipo tripolare con sganciatore di apertura a mancanza di tensione con funzione di protezione generale e d'interfaccia, sarà dotato dei seguenti relè di protezione:

- 50/51;
- 50N/51N;
- 67N;
- 27;
- 59;
- 81<;
- 81>;
- 59N.

2.11 Protezioni nello scomparto partenza linea MT verso Sottostazione

L'interruttore installato nello scomparto partenza linea è di tipo tripolare con sganciatore di apertura a mancanza di tensione, sarà dotato dei seguenti relè di protezione:

- 50/51;
- 50N/51N;
- 67N;

2.10.2 Quadro servizi ausiliari

È prevista l'installazione di un quadro elettrico di bassa tensione da cui verranno derivate le linee elettriche per l'alimentazione dei servizi ausiliari. Il quadro in oggetto, sarà equipaggiato con interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale a protezione delle singole derivazioni e un interruttore generale di tipo magnetotermico.

2.10.3 Gruppi di misura dell'energia

È prevista l'installazione di gruppi di misura dell'energia elettrica prodotta, gruppi di misura per contabilizzare l'energia assorbita dai servizi ausiliari e un gruppo di misura di tipo bidirezionale per misurare l'energia elettrica scambiata con la rete.

2.11 Servizi ausiliari di impianto

I servizi di cabina e i servizi ausiliari dell'impianto (relè di protezione, motori elettrici di movimentazione dei tracker, impianto di illuminazione, etc...), saranno alimentati attraverso trasformatori MT/BT "servizi ausiliari", installati in appositi locali tecnici e dimensionati in funzione dei carichi da alimentare.

All'interno delle varie cabine di trasformazione e locali tecnici previsti, verranno garantiti i seguenti servizi:

- impianto di ventilazione forzata attivato con termostato;
- n. 2 plafoniere 1x36W tutte dotate di kit di emergenza autonomia minima 180 minuti;
- n.2 prese industriali di tipo industriale interbloccate 2P+T e 3P+T da 16;
- n.1 sistema di supervisione e controllo con interfaccia GPRS.

È previsto inoltre un impianto di videosorveglianza con telecamere collegate ad una postazione centrale di videoregistrazione ed archiviazione delle immagini. Il sistema di **videosorveglianza** sarà montato su pali di acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in calcestruzzo. I pali avranno un'altezza massima di 4 metri e saranno dislocati ogni 60-80 m circa tra loro e le termocamere saranno fissate alla sommità degli stessi. In modo da avere la visione completa del perimetro dell'impianto e la visione completa di tutto l'interno dell'impianto (visione dei pannelli).

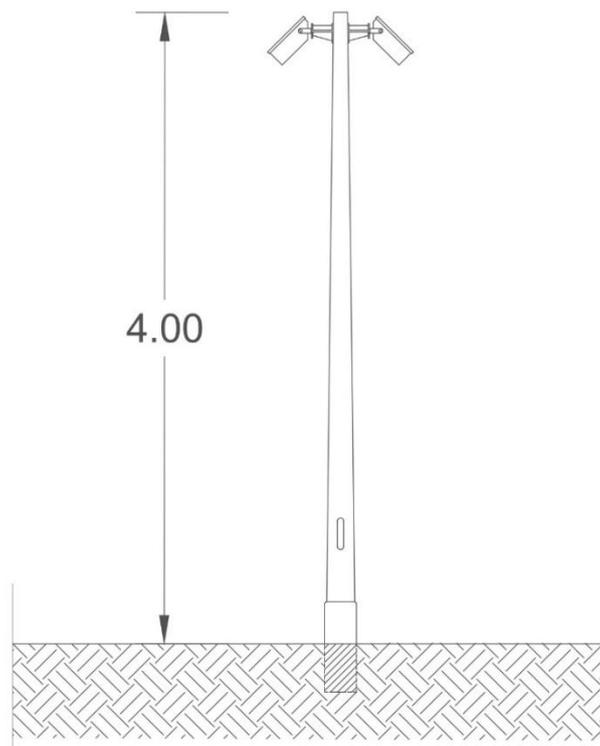


Figura 8: sostegno per impianto di videosorveglianza

Il complesso di video registrazione sarà dotato di gruppo di continuità da 10 kVA in grado di alimentare il videoregistratore, lo switch ed il trasmettitore satellitare per almeno 2 ore ed all'interno è dotato di Hard disk in modo da poter archiviare le immagini in continua, per più tempo in funzione della dimensione dell'Hard Disk.

La registrazione delle immagini deve essere a ciclo continuo, ed il sistema deve permettere l'archiviazione di immagini relative a due settimane solari.

Il software di gestione della videosorveglianza da remoto è in grado di:

- Gestire diversi monitor per diversi impianti;
- Condividere il monitor per la visione contemporanea di diverse telecamere di un singolo impianto;
- Consentire la visione delle immagini registrate;
- Gestire la registrazione sia manuale che su evento.

2.12 Valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio

La valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto viene effettuata o in termini di energia (con misure relative ad un dato periodo) o in termini di potenza (con misure istantanee) con le modalità di seguito indicate.

2.12.1 Valutazione delle prestazioni in energia

La verifica prestazionale degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto viene effettuata in termini di energia valutando l'indice di prestazione PR (o indice di prestazione in energia, corretto in temperatura).

L'indice di prestazione PR evidenzia l'effetto complessivo delle perdite sull'energia generata in corrente alternata dall'impianto fotovoltaico, dovute allo sfruttamento incompleto della radiazione solare, al rendimento di conversione dell'inverter e alle inefficienze o guasti dei componenti (inclusi il disaccoppiamento fra le stringhe e gli eventuali ombreggiamenti sui moduli).

In analogia al PR indicato nella Norma CEI EN 61724, espresso come nell'equazione, si definisce il PRe come segue:

$$Pre = Eca / Eca_producibile_ (Hi, Pn, Tcel)$$

dove:

Eca producibile (Hi,Pn,Tcel) è l'energia producibile in corrente alternata, determinata in funzione della radiazione solare incidente sul piano dei moduli (Hi), della potenza nominale dell'impianto (Pn) e della temperatura di funzionamento della cella fotovoltaica (Tcel).

2.12.2 Valutazione delle prestazioni in potenza

La verifica prestazionale degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto viene effettuata in termini di potenza valutando l'indice di prestazione PRp (o indice di prestazione in potenza, corretto in temperatura).

L'indice di prestazione PRp evidenzia l'effetto complessivo delle perdite sulla potenza generata in corrente alternata dall'impianto fotovoltaico, dovute allo sfruttamento incompleto dell'irraggiamento solare, al rendimento di conversione dell'inverter e alle inefficienze o guasti dei componenti (inclusi il disaccoppiamento fra le stringhe e gli eventuali ombreggiamenti sui moduli).

Analogamente all'espressione, la verifica delle prestazioni in potenza di un impianto fotovoltaico è effettuata controllando che siano soddisfatti i seguenti vincoli nelle condizioni di funzionamento sotto riportate:

$$PR_p = P_{ca} / P_{ca_producibile_}(G_p, P_n, T_{cel}) = P_{ca} / (R_{fv2} \times G_p / G_{stc} \times P_n) > 0,78 \text{ se } P_{inv} \leq 20 \text{ kW}$$

0,80 se $P_{inv} > 20 \text{ kW}$

Dove:

- R_{fv2} è calcolato secondo l'espressione;
- P_{inv} è la potenza nominale dell'inverter.

Le condizioni di funzionamento dell'impianto fotovoltaico per la verifica dell'indice prestazionale PR_p in fase di avvio dell'impianto sono le seguenti:

- Irraggiamento sul piano dei moduli (G_p) superiore a 600 W/m^2 ;
- Velocità del vento non rilevante, in riferimento al solarimetro utilizzato;
- Rete del distributore disponibile;
- In servizio tutti gli inverter dell'impianto o della sezione in esame.

La verifica dell'indice prestazionale PR_p viene effettuata operando su tutto l'impianto, se tutte le sue sezioni hanno caratteristiche identiche, o su sezioni dello stesso caratterizzate da:

- Stessa inclinazione e orientazione dei moduli;
- Stessa classe di potenza dell'inverter ($P_{inv} > 20 \text{ kW}$ o $P_{inv} \leq 20 \text{ kW}$);
- Stessa tipologia di modulo (e quindi stesso valore del coefficiente di temperatura di potenza);
- Stessa tipologia di installazione dei moduli (e quindi analoga T_{cel}).

3. SICUREZZA ELETTRICA

3.1 Protezione dalle sovracorrenti

Per la protezione delle linee elettriche di bassa tensione dalle sovracorrenti, è presto l'utilizzo di interruttori automatici dotati di sganciatore termico e magnetico, le cui caratteristiche sono state opportunamente coordinate con quelle del cavo da proteggere attraverso il rispetto delle prescrizioni della Norma CEI 64-8:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego della linea;
- I_n è la corrente nominale dell'interruttore;
- I_z è la portata del cavo;
- I è il valore della corrente di cortocircuito nel punto di installazione dell'interruttore;
- t è il tempo di intervento del dispositivo in occasione di guasto;
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di cavo utilizzato.

Il rispetto della prima condizione assicura la protezione contro il sovraccarico, mentre per la protezione contro gli effetti termici prodotti in occasione di cortocircuito, è necessario garantire il rispetto della seconda condizione sopra riportata.

La protezione dei trasformatori e delle linee elettriche di media tensione sarà affidata ad interruttori MT dotati di relè di massima corrente di fase ed omopolare.

3.2 Protezione contro i contatti diretti

Per la protezione contro i contatti diretti verranno adottate misure di protezione totali (isolamento delle parti attive) e parziali (involucri e barriere).

3.3 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà garantita mediante interruzione automatica dell'alimentazione (sistema di protezione attivo) in occasione di guasto di isolamento verso terra di apparecchiature di classe I, e l'utilizzo di apparecchiature di classe II.