



**COMUNE DI MAGIONE**  
**PROVINCIA DI PERUGLIA**  
**REGIONE UMBRIA**

PROGETTO DEFINITIVO DI UN LOTTO DI IMPIANTI AGRO-FOTOVOLTAICI  
DENOMINATO "TORRE DELL'OLIVETO" DELLA POTENZA DI PICCO COMPLESSIVA  
P=26'260.08 kWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 20'700 Kw SITO IN VIA  
REGIONALE 220 PIEVAIOLA NEL COMUNE DI MAGIONE (PG)

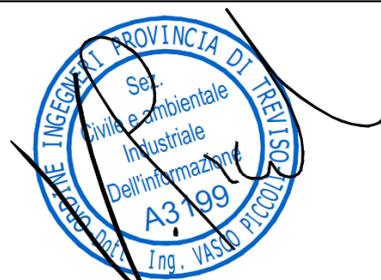
Proponente

**Greencells Italia Srl**

WALTHER-VON-DER-VOGELWEIDE PLATZ 8 BOLZANO

P. IVA: 03114740214

Progettazione



Preparato

**Pietro Ing. Martignoni**

Verificato

**Gianandrea Ing. Bertinazzo**

Approvato

**Vasco Ing. Piccoli**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA**

Titolo elaborato

**RELAZIONE TECNICA ELETTRICA**

Elaborato N.

**2RG**

Data emissione

30/06/23

Nome file

RELAZIONE TECNICA ELETTRICA

N. Progetto

-

Pagina

COVER

00

REV.

30/06/23

DATA

PRIMA EMISSIONE

DESCRIZIONE

## Sommario

1	Premessa .....	3
2	Descrizione generale .....	3
2.1	Dati generali di progetto .....	4
2.2	Connessione alla rete elettrica .....	5
2.3	Configurazione campo FV .....	6
2.4	Definizione del layout .....	7
3	Caratteristiche tecniche dei principali componenti d'impianto .....	9
3.1	Moduli fotovoltaici .....	9
3.2	Strutture di Sostegno – Inseguitori mono-assiali .....	11
3.3	Inverter .....	13
3.4	Cabina di trasformazione .....	14
3.4.1	Trasformatore BT/MT .....	15
3.4.2	Quadro BT .....	16
3.4.3	Quadro MT .....	16
3.4.4	Sezione Ausiliari .....	16
3.5	Cabina di consegna .....	17
3.6	Collegamenti elettrici .....	18
3.6.1	Cavi in DC - BT .....	19
3.6.2	Cavi in AC - BT .....	20
3.6.3	Cavi in corrente alternata (MT) .....	23
3.7	Protezioni elettriche .....	27
3.8	Impianto di Terra .....	27
3.8.1	Impianto di terra dell'Impianto Fotovoltaico .....	28
3.9	SCADA/monitoraggio .....	28
3.10	Impianti di sorveglianza / illuminazione .....	29
3.11	Impianti Anti-roditori .....	29

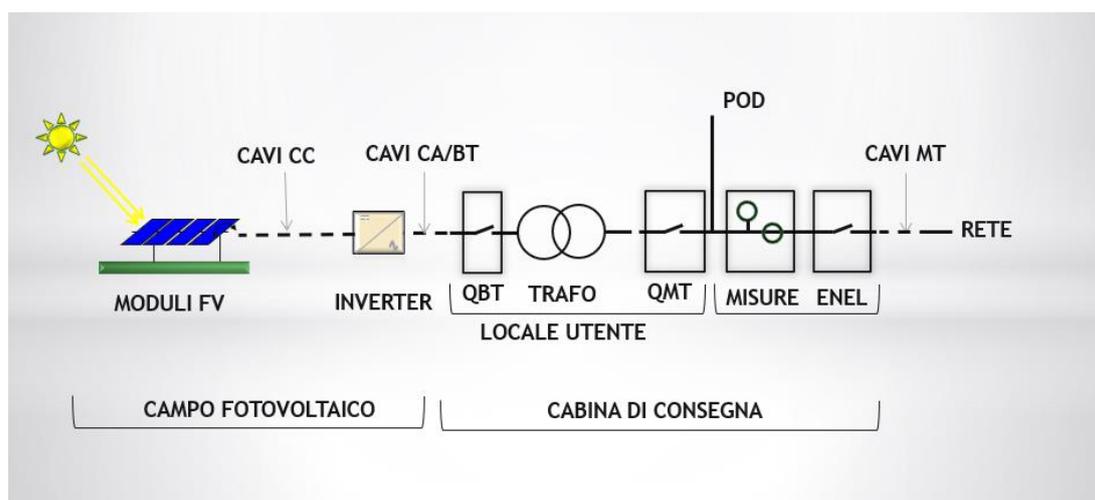
00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo descrivere tecnicamente i componenti principali dell'impianto agri-fotovoltaico, di generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica, denominato "Torre dell'Oliveto", da ubicarsi nel Comune di Magione (PG), di potenza nominale complessiva pari a 26'260,08 KWp e di potenza di immissione in rete pari a 20,7 MW.

## 2 Descrizione generale

L'impianto di generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica è tipicamente molto vasto, poiché l'energia viene generata da ogni modulo fotovoltaico. Compito dei collegamenti elettrici è convogliare tutta l'energia prodotta in un solo punto. Di seguito è illustrato uno schema di principio dell'impianto fotovoltaico:



L'impianto FV ha la capacità di generare energia elettrica dai Moduli FV: ogni singolo Modulo FV trasforma l'irraggiamento solare in energia elettrica, generata in forma di corrente continua.

I pannelli FV sono posizionati su strutture dedicate (strutture FV), che sono in grado di massimizzare l'irraggiamento dal quale è investito il pannello lungo l'arco dell'intera giornata, e collegati elettricamente in serie a formare una "stringa" di moduli.

L'energia prodotta dai moduli FV è raggruppata tramite collegamenti in cavo corrente continua e successivamente immessa negli inverter di stringa che sono in grado di trasformare l'energia elettrica da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) in Bassa Tensione (BT). L'energia disponibile in corrente alternata BT verrà quindi trasformata dal trasformatore in Media Tensione (MT).

Il presente impianto agri-fotovoltaico sarà connesso in rete in media tensione tramite la configurazione lotto d'impianti. Il lotto di impianti sarà composto da tre impianti di generazione elettricamente distinti, ciascuno di essi avente potenza in immissione pari a 6'900 kW.

L'energia generata da ciascun impianto in corrente alternata MT verrà portata alla rispettiva cabina di consegna, tramite collegamenti (cavi MT), dove verrà resa disponibile sul Punto di Connessione (POD) per l'immissione nella rete elettrica.

La connessione alla rete dell'impianto avverrà tramite elettrodotto in media tensione di lunghezza pari a circa 7,3 km, per maggiori dettagli in merito alla modalità di realizzazione dello stesso si rimanda agli elaborati tecnici relativi al PTO (Piano Tecnico delle Opere di connessione).

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 2.1 Dati generali di progetto

In Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche tecniche relative all'impianto in progetto.

Tabella 1 - Principali caratteristiche dell'impianto FV

Dati generali società proponente		
Committente	Greencells Italia srl	
Luogo di realizzazione impianto		
Denominazione	Torre dell'Oliveto	
Ubicazione	Magione (PG)	
Coordinate di ubicazione	[gradi decimali]	43,060236° 12,259735°
Superficie di interesse	[Ha]	38,76
Dati elettrici generali		
Potenza di picco lato fotovoltaico DC	[kWp]	26.260,08
Potenza elettrica AC	[kW]	20.700,00
Potenza elettrica approvata dal Distributore	[kW]	20.700,00
Produzione da PVSyst (1° anno)	[MWh]	42.846
Produzione specifica da PVSyst (1° anno)	[kWh / kWp / anno]	1.632
Dati del distributore		
Codice di rintracciabilità	335360383	

La connessione alla rete elettrica avverrà tramite la realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT S.SISTO.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 2.2 Connessione alla rete elettrica

L'energia generata dall'impianto agri-fotovoltaico, composto da tre impianti di generazione distinti dal punto di vista elettrico (configurazione "lotto d'impianti" connessi in media tensione), viene raccolta tramite una rete di elettrodotti interrati in Media Tensione eserciti a 20 kV che confluiscono presso le tre cabine di consegna situate presso i confini di ciascun impianto, in posizione accessibile dalla viabilità pubblica, presso le quali è ubicato il punto di consegna dell'energia generata alla rete di distribuzione.

Un elettrodotto interrato in Media Tensione a 20 kV di lunghezza pari a circa 7,3 km trasporterà quindi l'energia generata presso la cabina primaria S. Sisto.



Figura 1 – Inquadramento delle opere di connessione su ortofoto estratto dall'STMG (Soluzione Tecnica Minima Generale) proposta da E-Distribuzione

La potenza nominale complessiva dell'impianto agri-fotovoltaico, determinata dalla somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici, è pari a 26'260,08 kWp, mentre la potenza in immissione in rete è determinata dalla potenza indicata sulla STMG, ed è pari a 20'700 kW.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 2.3 Configurazione campo FV

Presso i confini di ciascun impianto facente parte del lotto sarà ubicata una cabina di consegna in MT, dotata di opportune protezioni elettriche, alla quale saranno collegate le cabine di trasformazione in configurazione radiale, in gruppi di massimo 6,9 MVA per ciascuna linea.

All'interno dei confini dell'impianto FV è prevista complessivamente l'installazione di 15 cabine di realizzate in soluzioni containerizzate e contenenti un locale comune per il quadro in media tensione che riceve l'energia da un trasformatore di potenza MT/BT.

**In Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportata la consistenza dell'impianto fotovoltaico, in termini di potenza nominale e di numerosità dei principali componenti installati.

Tabella 2 - Numerosità dei principali componenti d'impianto

Dati costruttivi dell'impianto		
N° moduli FV 660	[Nr]	39.788
N° moduli per stringa	[Nr]	28
N° di stringhe	[Nr]	1.421
N° inverter	[Nr]	69
Potenza inverter di stringa	[kVA]	300
N° trasformatori BT / MT	[Nr]	6 / 9
Potenza trasformatore	[kVA]	1,25 / 1,5
Tensione di esercizio lato DC	[V]	1.500
Tensione di esercizio lato AC (inverter)	[V]	800
Tensione di esercizio servizi ausiliari	[V]	400/230
Strutture di sostegno	Tipologia	Tracker mono-assiali
Inclinazione piano dei moduli	[°]	rotazione Est/Ovest $\pm 55^\circ$
Angolo di azimut	[°]	12° / 169°

Per l'impianto FV in oggetto si prevede l'utilizzo di inverter di stringa, posizionati direttamente in campo, a ciascuno dei quali saranno collegate fino ad un massimo di 24 stringhe di moduli FV, con 12 MPPT indipendenti. La scelta di utilizzare inverter multi-MPP consente di minimizzare le perdite di disaccoppiamento o mismatch massimizzando la produzione energetica, agevolando inoltre le eventuali operazioni di manutenzione/sostituzione degli inverter aumentando il tempo di disponibilità dell'impianto FV nel suo complesso.

I moduli fotovoltaici, realizzati con tecnologia bifacciale ed in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, saranno collegati elettricamente in serie a formare stringhe da 28 moduli, e posizionati su strutture ad inseguimento solare mono-assiale, in configurazione a doppia fila con modulo disposto verticalmente (configurazione 2-P).

L'utilizzo di tracker consente la rotazione dei moduli FV attorno ad un unico asse orizzontale avente orientazione Nord-Sud con due diversi angoli di inclinazione Azimut, al fine di massimizzare la radiazione solare captata dai moduli stessi e conseguentemente la produzione energetica del generatore FV.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 2.4 Definizione del layout

Il layout dell'impianto fotovoltaico è stato definito, nel pieno rispetto dei vincoli paesaggistici e territoriali, al fine di ottimizzare lo sfruttamento della radiazione solare incidente e conseguentemente massimizzare la produzione energetica dell'impianto.

La disposizione delle strutture di sostegno dei moduli FV, degli inverter e delle cabine elettriche è stata progettata in maniera tale da:

- Rispettare i confini dei terreni disponibili, realizzando le opportune opere di mitigazione ambientale lungo il perimetro dell'impianto FV; in detta fascia viene collocata la fascia arborea, occupando la porzione di fondo in prossimità della recinzione, rappresentando la barriera di mitigazione necessaria per minimizzare la visibilità dell'impianto dall'esterno, mentre la rimanente superficie è da gestire come area di vigilanza, prevenzione e contenimento del fenomeno degli incendi;
- Mantenere un significativo spazio libero tra le strutture di sostegno dei moduli FV, nonché tra le strutture di sostegno e la recinzione perimetrale, tale da consentire la conduzione di attività agricole con l'impiego di mezzi meccanici; la viabilità interna all'impianto è stata altresì progettata per consentire una agevole circolazione dei mezzi agricoli all'interno dell'area;
- Minimizzare gli ombreggiamenti derivanti dalla presenza di eventuali ostacoli (es. tralicci di sostegno linee AT) nonché ombreggiamenti reciproci tra i filari di moduli FV, regolando opportunamente la posizione delle strutture di sostegno ovvero la distanza tra le stesse;
- Consentire l'installazione dei locali tecnici/cabine elettriche, rispettando i 5m richiesti secondo prescrizione VVFF ed allo stesso tempo senza generare ombreggiamenti sui moduli FV e lasciando libero un sufficiente spazio di manovra per gli automezzi sia in fase di costruzione che di esercizio e manutenzione dell'impianto.

In estrema sintesi, sono state considerate le fasce di rispetto dalle seguenti interferenze:

- Fascia di rispetto dalle strade perimetrali: 10m dal ciglio della strada.
- Fascia di rispetto tra confine catastale e recinzione: 2,5m;
- Distanza minima struttura tracker e recinzione: 10m;

In Figura 2 è riportato l'inquadramento su ortofoto del layout d'impianto.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

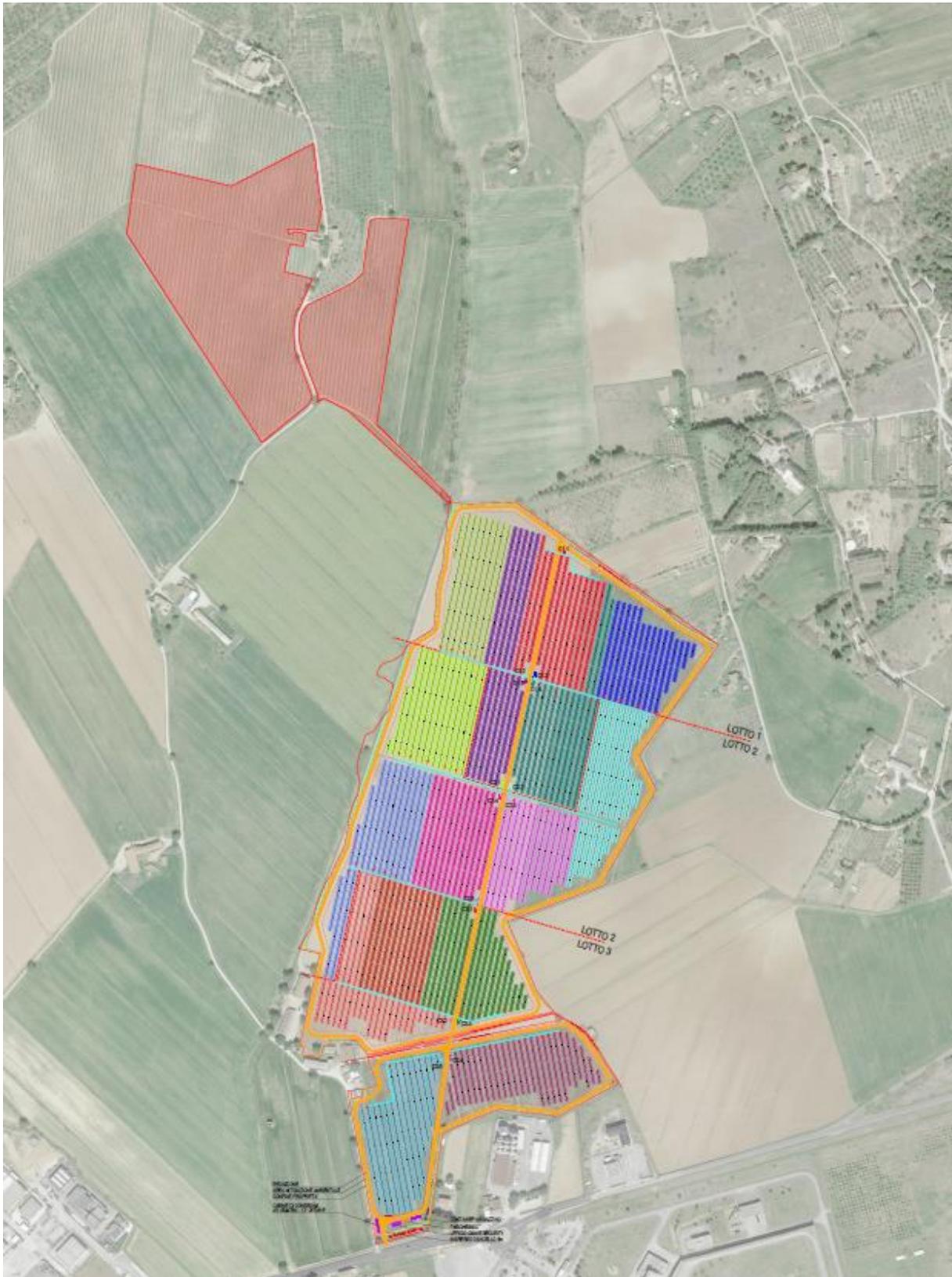


Figura 2 - Layout d'impianto

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3 Caratteristiche tecniche dei principali componenti d'impianto

Nei seguenti paragrafi è riportata la descrizione di dettaglio dei componenti d'impianto.

#### 3.1 Moduli fotovoltaici

Per il presente progetto saranno utilizzati moduli fotovoltaici Risen modello Titan.

Tabella 3 - Datasheet modulo FV

Datasheet modulo		RSM132-8-660BMDG	
Lato DC	UDM	Valori da datasheet	coef correttivo
Pannello		STD	%/°C
P	[Wp]	660	-0,34
V <sub>OC</sub>	[V]	45,89	-0,25
V <sub>MPP</sub>	[V]	38,23	-0,25
I <sub>SC</sub>	[A]	18,28	0,04
I <sub>MPP</sub>	[A]	17,27	0,04
<b>Efficienza modulo STC</b>			
	[%]	21,2	
<b>Temperatura di funzionamento</b>			
	[°C]	-40 +85	

Ciascun modulo è composto da 132 mezze-celle realizzate in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, vetro frontale temprato ad elevata trasparenza e dotato di rivestimento anti-riflesso, backsheet posteriore, vetro temprato e cornice in alluminio. Ciascun modulo ha una dimensione pari a 2384×1303×35mm ed un peso pari a 41 kg. Tali moduli fotovoltaici presentano caratteristiche tecniche innovative, di cui si riportano le principali:

- I moduli sono costituiti da celle FV in Silicio mono-cristallino: le celle fotovoltaiche realizzate tramite questa tecnologia costruttiva sono in grado di convertire in energia elettrica la radiazione incidente sul modulo FV.
- Layout costruttivo con “mezze-celle”: la divisione in due di ciascuna cella FV consente di ridurre la corrente foto-generata da ciascuna di esse, comportando una diminuzione delle perdite resistive (direttamente proporzionali all'entità della corrente stessa) e conseguentemente un incremento di efficienza della cella stessa;
- Collegamento elettrico delle celle FV tramite tecnologia “multi-busbar” in grado di ridurre ulteriormente le perdite resistive, minimizzando l'entità della corrente trasportata dalla singola busbar;
- Collegamento elettrico delle celle tramite ribbon di forma cilindrica, anziché la consueta sezione rettangolare, la quale consente di ridurre le perdite ottiche e di minimizzare la resistenza elettrica.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Figura 3 – Modulo FV

Le stringhe saranno direttamente attestate alla sezione di input degli inverter di stringa, tramite connettori MC4 o similari.

Si ritiene opportuno sottolineare come la scelta definitiva del produttore/modello del modulo fotovoltaico da installare sarà effettuata in fase di progettazione costruttiva in seguito all'esito positivo della procedura autorizzativa, sulla base delle attuali condizioni di mercato nonché delle effettive disponibilità di moduli FV da parte dei produttori.

Le caratteristiche saranno comunque simili e comparabili a quelle del modulo FV precedentemente descritto, in termini di tecnologia costruttiva, dimensioni e caratteristiche elettriche e non sarà superata la potenza di picco totale dell'impianto (kWp).

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.2 Strutture di Sostegno – Inseguitori mono-assiali

Per il presente progetto si prevede l'impiego di strutture di sostegno ad inseguimento mono-assiale, nello specifico si prevede l'installazione di 745 strutture. In funzione del numero di moduli installati, si individuano essenzialmente due tipologie di strutture:

N° strutture tracker mono-assiali	676 strutture 2Px28 (per un totale pari a 37'856 moduli)
	69 strutture 2Px14 (per un totale pari a 1.932 moduli)

Nello specifico, per il presente progetto sono stati considerati i tracker mono-assiali realizzati dal produttore **Soltigua**, modello *iTracker XL*, in configurazione 2P, ovvero singola fila di moduli posizionati verticalmente. Per via della natura agricola i tracker sono disposti secondo un angolo di azimut che garantisca il parallelismo con i canali irrigui esistenti.



Figura 4 - immagine esemplificativa di inseguitori mono-assiali in configurazione 2P (fonte: Soltigua)

Tutti gli elementi di cui è composto il tracker (pali di sostegno, travi orizzontali, giunti di rotazione, elementi di supporto e fissaggio dei moduli, ecc.) saranno realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato a caldo. Tali strutture di sostegno vengono infisse nel terreno mediante battitura dei pali montanti, o in alternativa tramite avvitamento, **per una profondità non inferiore a 2,5 m**. Non è quindi prevista la realizzazione di fondazioni in cemento o altri materiali. Tale scelta progettuale consente quindi di minimizzare l'impatto sul suolo e l'alterazione dei terreni stessi, agevolandone la rimozione alla fine della vita utile dell'impianto. L'altezza dei pali di sostegno è stata determinata in maniera tale che la distanza tra il bordo inferiore dei moduli FV ed il piano di campagna sia non inferiore a 1,20 m (alla massima inclinazione dei moduli). Ciò comporta che la massima altezza raggiungibile dai moduli FV sia pari a 5,49 m, sempre alla massima inclinazione.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Tabella 4 - Caratteristiche tecniche degli inseguitori mono-assiali

<b>Tipologia di sistema ad inseguimento</b>	Singolo asse orizzontale con backtracking
<b>Asse di rotazione</b>	Nord-Sud
<b>Angolo di rotazione</b>	$\pm 60^\circ$
<b>Configurazione</b>	28 moduli FV in configurazione 2xPortrait
<b>Dimensioni</b>	37,8 x 4,92 x 4,49 (altezza massima dal suolo)
<b>Tipologia fondazioni</b>	pali infissi nel terreno
<b>Superficie moduli FV</b>	185 m <sup>2</sup>
<b>Alimentazione elettrica</b>	400/230V-50Hz
<b>Grado di protezione</b>	IP 55
<b>Temperatura di funzionamento</b>	-10°C ÷ +50°C
<b>Altitudine massima</b>	2000 m a.s.l.
<b>Inclinazione massima del terreno</b>	$\leq 15^\circ$ Nord-Sud, illimitata Est/Ovest

La movimentazione dei sistemi ad inseguimento solare è effettuata da motori elettrici alimentati in corrente alternata, uno per ciascun tracker, e controllati da apposite schede di controllo, una ogni 10 tracker. L'algoritmo di movimentazione è basato su un calendario astronomico ed è dotato della tecnologia "backtracking". Tale tecnologia consiste nel controllo e verifica che ogni fila di moduli FV non crei ombreggiamento a quella successiva. Quando l'altezza del sole rispetto all'orizzonte si riduce, in particolare durante le prime/ultime ore della giornata, il mutuo ombreggiamento tra i filari di moduli potrebbe ridurre sensibilmente l'output energetico. Il sistema ad inseguimento è in grado di far ruotare i moduli FV nel senso opposto rispetto all'andamento del sole, riducendo la superficie esposta al sole ma nel contempo evitando il rischio che si verifichino mutui ombreggiamenti.

La distanza tra gli inseguitori (solitamente denominata *pitch*) per il presente progetto è pari a 8 m, al fine di ottimizzare la produzione energetica a parità di consumo di suolo da una parte, e dall'altra di consentire il passaggio dei mezzi agricoli tra file successive nonché dei mezzi necessari per le operazioni di manutenzione e pulizia moduli. Le schede di controllo effettueranno il monitoraggio dei principali parametri operativi degli inseguitori, in primis posizione e velocità del vento, al fine di verificarne il corretto funzionamento e di posizzionarli automaticamente in posizione di sicurezza in caso di velocità del vento particolarmente elevate per evitare eventuali danni alle strutture. Sarà infine possibile posizionare in maniera automatica gli inseguitori ad una inclinazione idonea per consentirne l'ispezione ai fini di manutenzione nonché per effettuare il lavaggio periodico dei moduli fotovoltaici.

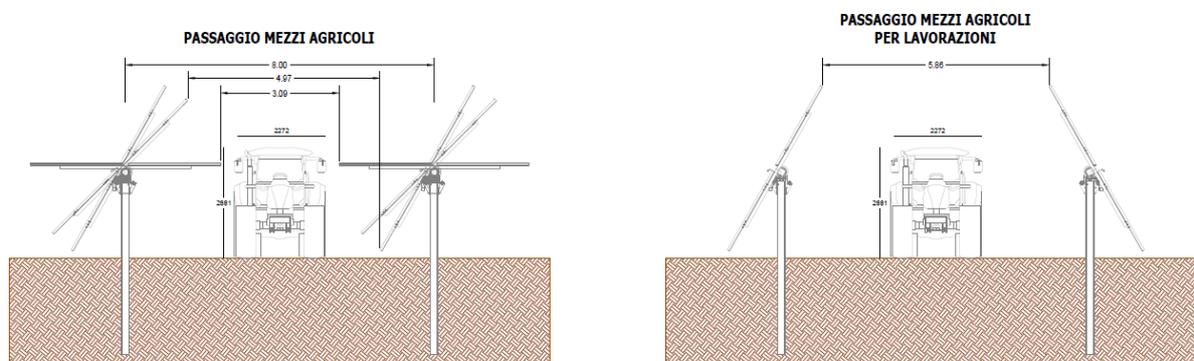


Figura 5 - Inseguitori mono-assiali: modalità di installazione e principali quotature

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.3 Inverter

Per il presente progetto è previsto l'impiego di inverter di stringa **Sungrow** modello **SG350HX**.



Figura 6 - Inverter di stringa SG350HX

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questo inverter sono compatibili con quelli delle stringhe di moduli FV ad esso afferenti, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita (800V – 50 Hz) sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Tabella 5 - Dati principali dell'inverter

Datasheet inverter		SG350HX
	UDM	
$P_{\max \text{ inverter}}$	[kW]	350
$V_{\text{nom inverter}}$	[V]	800
$I_{\text{inverter}}$	[A]	254,0

Tali inverter sono in grado di accettare in ingresso fino a 24 stringhe di moduli FV, e sono dotati di 12 MPPT indipendenti. Questa scelta progettuale consente di ridurre notevolmente le perdite per mismatch o disaccoppiamento e massimizzare la produzione energetica.

Gli inverter, aventi grado di protezione IP 66, saranno installati direttamente in campo in prossimità delle stringhe ad essi afferenti. Ciascun inverter sarà installato rivolto in direzione Nord e protetto da apposito chiosco, in maniera tale da proteggerlo dall'esposizione diretta ai raggi solari e dalle intemperie e di agevolare le operazioni di manutenzione.

L'uscita in corrente alternata di ciascun inverter sarà collegata, tramite cavidotto interrato, al quadro in bassa tensione ubicato nella corrispondente cabina di trasformazione.

Ciascun inverter è in grado di monitorare, registrare e trasmettere automaticamente i principali parametri elettrici in corrente continua ed in corrente alternata. L'inverter selezionato è conforme alla norma CEI 0-16.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.4 Cabina di trasformazione

All'interno di ciascun campo saranno ubicate le cabine di trasformazione, realizzate in soluzione containerizzata, aventi lo scopo di ricevere la potenza elettrica in corrente alternata BT proveniente dagli inverter di stringa ubicati in campo, e innalzarne il livello di tensione da BT a MT (da 800 V a 20 kV), collegarsi alla rete di distribuzione MT del campo al fine di veicolare l'energia generata verso la cabina di smistamento MT e successivamente verso la stazione elettrica di trasformazione MT/AT.

Le cabine saranno situate in posizione baricentrica rispetto agli inverter di stringa ad essa afferenti, al fine di minimizzare la lunghezza dei cavidotti in bassa tensione, e posate su apposite fondazioni in calcestruzzo tali da garantirne la stabilità, e nelle quali saranno predisposti gli opportuni cavedi e tubazioni per il passaggio dei cavi di potenza e segnale, nonché la vasca di raccolta dell'olio del trasformatore. Per ulteriori dettagli in merito alle fondazioni nonché al sistema di fissaggio della cabina si rimanda al sovra-menzionato elaborato dedicato (*Particolare cabine elettriche*).

La cabina di trasformazione in configurazione doppia sarà principalmente costituita da:

- Quadri in bassa tensione;
- Trasformatore MT/BT;
- Quadro di media tensione;
- Quadro BT: quadro ausiliari, UPS.

In Figura 7 è riportato un layout preliminare della cabina di trasformazione, nella quale è riportato il posizionamento dei principali componenti.

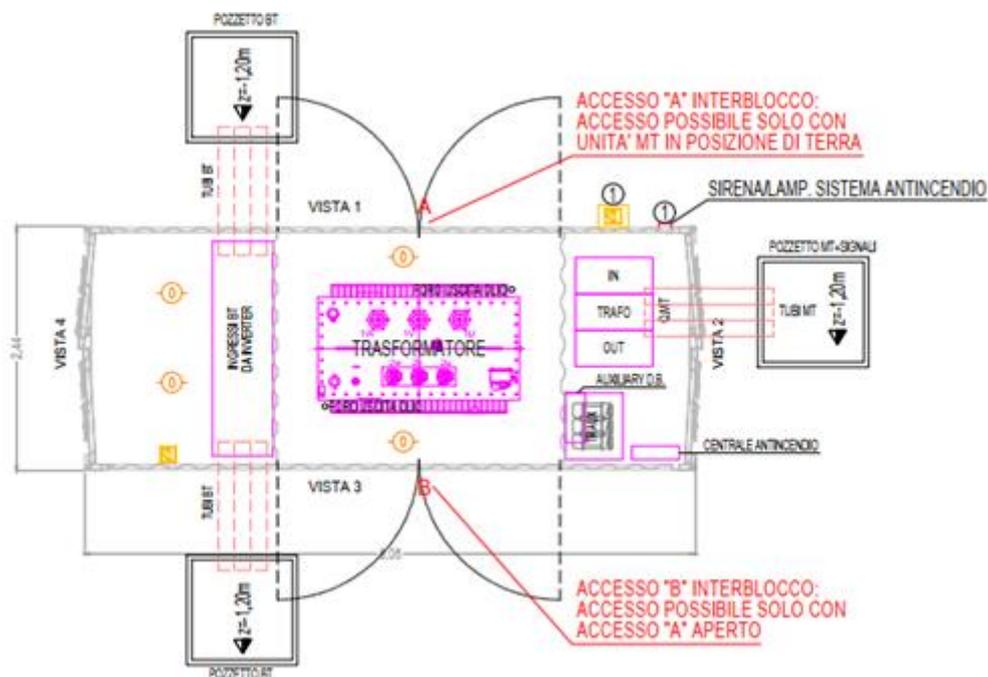


Figura 7 - Layout preliminare cabina di trasformazione BT/MT

La cabina è costituita da elementi prefabbricati di tipo containerizzato (container marino Hi-Cube da 20'' con dimensioni approssimative pari a 6,06 x 2,44 x 2,9 m – peso pari a circa 20 t), realizzati in acciaio galvanizzato a caldo e costruiti per garantire un grado di protezione dagli agenti atmosferici esterni pari a IP33.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.4.1 Trasformatore BT/MT

All'interno di ciascuna cabina sarà ubicato un trasformatore elevatore BT/MT, raffreddato ad olio, sigillato ermeticamente ed installato su apposita vasca di raccolta olio. Ogni trasformatore ha rapporto di trasformazione pari a 20'000/800V con diverse potenze a seconda della configurazione del layout:

- 6 da 1,25 MVA
- 9 da 1,5 MVA.

Le principali caratteristiche della macchina selezionata sono riportate di seguito.

Tabella 6 - Trasformatore BT/MT: principali caratteristiche tecniche

Caratteristiche costruttive	Ermetico - KNAN Natural Oil (FR3)
Potenza	1'500 kVA
Gruppo vettoriale	Dy11
Tensione primario - $V_1$	20'000 V
Tensione secondario - $V_2$	800 V
Frequenza nominale	50 Hz
$V_{cc}$	6%
Perdite nel ferro	$\leq 0,15\%$
Perdite nel rame	$\leq 0,8\%$
Dimensioni	2,0 x 1,2 x 2,1 [m]
Peso – con olio	~ 4,1 t
Peso – senza olio	~ 3,27 t

L'olio utilizzato come isolante all'interno del trasformatore è del tipo naturale FR3, quindi caratterizzato da un minor impatto ambientale rispetto al più "tradizionale" olio minerale in quanto realizzato interamente con oli vegetali biodegradabili e con punto di fuoco molto più alto. Sono previsti non più di 1'850 litri di olio per ogni macchina. Ciascun trasformatore sarà installato sopra apposita vasca di fondazione per la raccolta oli, realizzata in cemento ed opportunamente trattata al fine di essere impermeabile agli oli stessi. La superficie in pianta della vasca, al netto dello spazio occupato dal trasformatore, sarà pari a 5m<sup>2</sup>, ed avrà un'altezza pari a 0.4m, per un volume utile complessivo pari a 2m<sup>3</sup>.

In figura è riportata un'immagine esemplificativa della tipologia di trasformatore installato all'interno di ciascuna cabina.



Figura 8 - Trasformatore BT/MT in olio

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.4.2 Quadro BT

Nella sezione in bassa tensione di ciascuna cabina di trasformazione sarà ubicato un quadro di parallelo (QPCA - 1000V – 2500A – 20kA) per la connessione in parallelo degli inverter di stringa. Ciascun QPCA sarà in grado di ricevere in ingresso dieci (10) inverter e sarà dotato di:

- interruttore di tipo scatolato (3Px2500A), motorizzato con funzione di protezione da sovracorrenti e sezionamento;
- Misuratore dell'energia generata;
- Scaricatore (classe 1+2) per protezione da sovratensioni;
- Relè di controllo della resistenza di isolamento (il sistema di distribuzione è IT);
- Dispositivo di generatore FV: n°10 interruttori manuali (3Px250A), ovvero un interruttore per ciascun inverter.

L'uscita dal QPCA sarà quindi collegata al circuito secondario del trasformatore BT/MT.

### 3.4.3 Quadro MT

Il quadro di media tensione (QMT) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

24kV-16kA-630A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

ovvero in particolare con l'Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore.

Il quadro sarà composto da tre unità:

- nr. 2 per l'attestazione dei cavi di MT sia lato rete che lato campo;
- nr.1 per la protezione trasformatore MT/BT, con un relè di protezione dedicato per le protezioni:
  - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
  - massima corrente omopolare per la rimozione dei guasti monofase a terra (51N).

### 3.4.4 Sezione Ausiliari

La sezione ausiliari sarà costituita da due quadri in bassa tensione contenenti:

- Quadro di alimentazione sezione ausiliari;
- Trasformatori BT/BT (isolato in resina) di potenza nominale pari a 50 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- Un quadro di distribuzione secondaria per l'alimentazione dei carichi della cabina di trasformazione, suddivisi in
  - Sezione "normale" di alimentazione dei servizi non essenziali;
  - Sezione "preferenziale" sotto UPS, dedicata all'alimentazione dei servizi essenziali, quali ad esempio: comandi elettrici di emergenza, SCADA per segnalazione allarmi e stato dei componenti principali.
- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (6kVA – 230/230V, autonomia 2h@ 200 VA).

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.5 Cabina di consegna

In prossimità del punto di accesso a campo fotovoltaico è prevista l'installazione di una cabina elettrica suddivisa in tre locali: locale Enel, locale misure e locale utente.

Di seguito si riporta la descrizione dei vani e-distribuzione e MISURE che saranno adottati per la cabina di consegna:

- Box monoblocco prefabbricato a due vani tipo ENEL + MISURA (mod. 673) corrispondente alla normativa Enel DG 2092 Rev.3;
- Dimensioni esterne 673x250x269 cm;
- Spessore pareti 8 cm.

Il manufatto è completo di:

- N°02 porte in vetroresina autoestinguente UNIF ENEL a due ante, dim.120x215 cm, con nottolino cifrato ENEL NAZIONALE di cui una con serratura AREL;
- N°01 porta in vetroresina autoestinguente UNIF ENEL ad una anta, dim.60x215 cm;
- N°01 parete divisoria interna in c.a.v., spessore 70 mm.
- N° 1 divisorio in acciaio inox per supporto quadri B.T. e segregazione trasformatore;
- N° 3 punti luce con lampada a plafoniera stagna da E30W del tipo a basso consumo energetico CFL con potenza 30Watt;
- N° 2 collettori interni in rame
- N° 2 finestre di areazione in vetroresina autoestinguente UNIF ENEL con rete antinsetto da cm. 120x54
- N° 2 estrattori d'aria eolico in acciaio inox OMOLOGATI ENEL
- N° 1 botola passo uomo con plotta in vetroresina OMOLOGATA ENEL da cm. 60x60
- N° 1 botola passo uomo con plotta in vetroresina OMOLOGATA ENEL da cm. 100x60
- N° 1 passante cavi temporaneo
- N° 2 quadri elettrici per servizi ausiliari DY 3016/1 con trasformatore di isolamento
- N° 1 connettore interno-esterno per rete di terra
- N° 6 elementi di copertura cunicolo da cm. 69x25
- N° 6 sistemi passacavo B.T. e M.T.

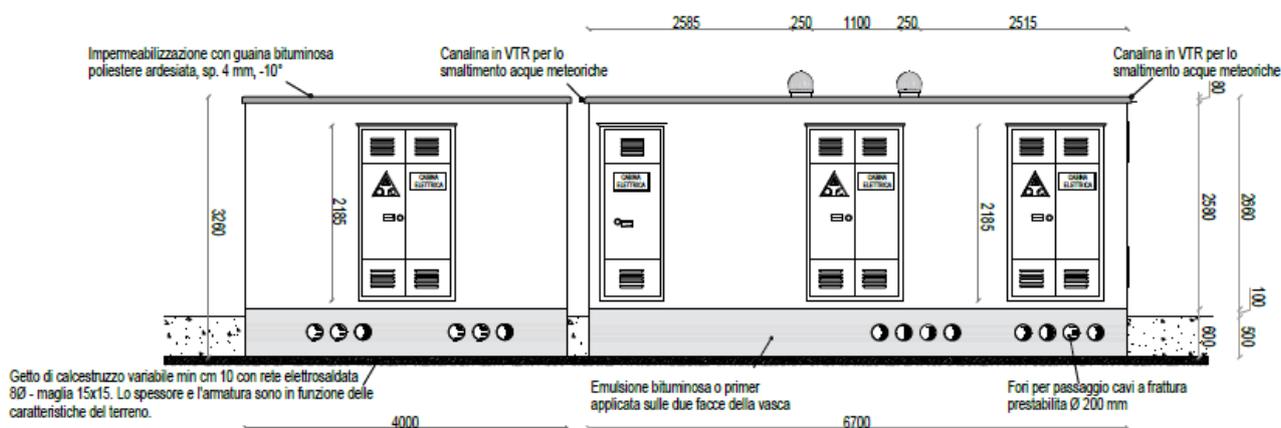


Figura 9 - Cabina di consegna - Vista laterale

Revisione	Data	Descrizione
00	30-06-2023	Prima Emissione

### 3.6 Collegamenti elettrici

I cavi previsti nell'impianto di generazione fotovoltaica, sono essenzialmente:

	Tratta	Modello	Configurazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]	Colore guaina	Lunghezza stimata [m/MW]
DC - BT	Stringhe – Inverter	H1Z2Z2K	2x(1x6)	Rosso/nero	8.000
AC - BT	Inverter-QBT	ARG16R16	3x(1x300)	Grigio	700
Cabina di trasformazione	QBT -Trasformatore	FG16R16	3x[3x(1x185)]	Grigio	-
	Trasformatore-QMT	RG26H1M16	3x(1x70)	Rosso	-
AC – MT (campo FV)	QMT (cabina di trasformazione) – QMT (cabina utente)	ARP1H5EX	3x(1x150) 3x(1x120) 3x(1x95)	Rosso	-
AC – MT	QMT (cabina utente) – QMT (cabina di consegna)	ARP1H5EX	3x(1x240)	Rosso	-
	Cavidotto E-distribuzione	ARP1H5EX	3x(1x240)	Rosso	-

Il dimensionamento dei cavi eserciti in BT (in corrente continua) ed in MT (in corrente alternata), utilizzati per il trasporto di energia dai moduli FV alle cassette di parallelo stringa, quindi alle cabine di trasformazione, ed infine alle cabine di smistamento MT fino al punto di consegna, è stato effettuato tenendo conto dei seguenti criteri di verifica:

- verifica della portata di corrente e coordinamento protezioni;
- verifica della caduta di tensione;
- verifica della tenuta al corto circuito;
- verifica delle perdite.

Per i calcoli dettagliati relativi alle caratteristiche di cavi e cavidotti, nonché al dimensionamento dei cavi si rimanda all'elaborato dedicato.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.6.1 Cavi in DC - BT

I cavi in corrente continua sono necessari per raggruppare i moduli fotovoltaici e rendere disponibile questa energia in ingresso lato CC dell'inverter.

I moduli fotovoltaici di per sé stessi sono forniti già dotati di cavi e relativo connettore CC (uno per il polo negativo, uno per il polo positivo), ma di lunghezza tale da permettere il solo collegamento tra moduli fotovoltaici contigui. Verranno quindi collegati in serie tra di loro fino a comporre una stringa.

Dato che gli inverter sono di tipologia "distribuita" (inverter di stringa) e installati in posizione il più possibile baricentrica rispetto alle stringhe di moduli ad essi afferenti, i cavi in CC delle singole stringhe saranno collegati direttamente agli input in CC dei relativi inverter.

La sezione CC verrà esercita con un Sistema Isolato. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in Sistema Isolato:

- prevede entrambi i poli (Negativo e Positivo) NON connessi a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un controllore di isolamento, che garantisca il continuo monitoraggio del valore di resistenza tra i poli e terra; il cedimento dell'isolamento dovrà essere chiaramente rilevato in modo da permettere al gestore dell'impianto di effettuare i necessari interventi di manutenzione straordinaria alla ricerca del guasto;
- permette il funzionamento del sistema con il primo guasto a terra, a patto che il primo guasto sia chiaramente rilevato e che il secondo guasto determini l'intervento degli organi di protezione atti al sezionamento della parte di circuito sottoposta al doppio guasto.

#### 3.6.1.1 Cavi di Stringa – Configurazione e modalità di Installazione

I cavi avranno tratti sia all'aperto (tipicamente lungo la struttura fotovoltaica di sostegno dei moduli fotovoltaici), sia sottoterra per il raggiungimento dell'inverter.

Dato che il cavo avrà tratti in cui verrà esposto all'irraggiamento diretto è necessario che il cavo sia adatto a questo tipo di funzionamento. Come già specificato nel paragrafo precedente è scelto il cavo in Rame, con la seguente configurazione:

$$2 \times (1 \times 6) \text{ mm}^2$$

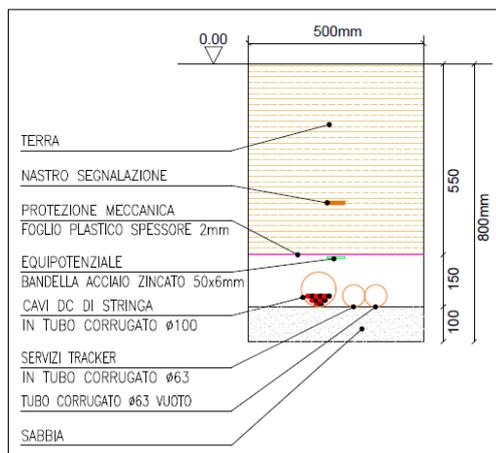
Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche del cavo selezionato e un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:

H1Z2Z2K		
<b>Tratta</b>	Stringhe – Inverter	
<b>Conduttore</b>	Rame stagnato - flessibile	
<b>Isolante</b>	Mescola LSOH (Low Smoke Zero Halogen)	
<b>Guaina esterna</b>	PVC	
<b>Temperatura minima di posa</b>	[°C]	-40
<b>Temperatura massima di esercizio</b>	[°C]	90
<b>Tensione di isolamento DC</b>	[V]	1800
<b>Portata corrente per Sezione Massima*</b>	[A] @ 60 °C	70

La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga 500mm e profonda 800mm, che sarà riempita con:

00	30-06-2023	Prima Emissione
<b>Revisione</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
  - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
  - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.



### 3.6.2 Cavi in AC - BT

I cavi in corrente alternata sono necessari per collegare in parallelo gli inverter sul Quadro Parallelo Corrente Alternata. La sezione CA lato generatore verrà esercita con un Sistema Trifase Isolato 3F+PE, a tutti gli effetti un sistema IT. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in IT:

- prevede tutte e tre le fasi (R-S-T) NON connesse a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un controllore di isolamento, che garantisca il continuo monitoraggio del valore di resistenza tra i poli e terra; il cedimento dell'isolamento dovrà essere chiaramente rilevato in modo da permettere al gestore dell'impianto di effettuare i necessari interventi di manutenzione straordinaria alla ricerca del guasto;
- permette il funzionamento del sistema con il primo guasto a terra, a patto che il primo guasto sia chiaramente rilevato e che il secondo guasto determini l'intervento degli organi di protezione atti al sezionamento della parte di circuito sottoposta al doppio guasto.

Per la realizzazione della rete di distribuzione in corrente alternata, ovvero per il collegamento elettrico in BT degli inverter di stringa al quadro di parallelo (QPCA), posizionato all'interno della cabina di trasformazione, si prevede l'utilizzo di cavi Prysmian di tipo ARG16R16. In tabella le sezioni minime e massime di cavi solitamente impiegate nei campi fotovoltaici.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

ARG16R16		
Tratta	Inverter - QBT	
Conduttore	Alluminio - rigida	
Isolante	HEPR di qualità G16	
Guaina esterna	PVC	
Temperatura minima di posa	[°C]	0
Temperatura massima di esercizio	[°C]	90
Tensione di isolamento U0 - AC	[V]	600
Tensione di isolamento U - AC	[V]	1000
Sezione Minima*	[mm <sup>2</sup> ]	50
Sezione Massima*	[mm <sup>2</sup> ]	500
Portata corrente per Sezione Minima*	[A] @ interrato a 20 °C	167
Portata corrente per Sezione Massima*	[A] @ interrato a 20 °C	578

Nel paragrafo successivo si identifica la sezione di cavo che verrà utilizzato.

### 3.6.2.1 Cavi in CA-BT – Configurazione e modalità di installazione

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, disposti in piano nel cavidotto;
- all'interno di tubo corrugato in uscita dall'inverter per evitare l'irraggiamento diretto; l'altra estremità, arrivando già dal terreno, raggiungerà il fondo della cabina di trasformazione in aria libera;

Come già specificato nel paragrafo precedente è scelto il cavo in Alluminio, tipo ARG16R16; la configurazione prevista in questa fase di progettazione definitiva è la seguente:

$$2x(1x300) \text{ mm}^2$$

In fase di progettazione esecutiva/costruttiva, potranno essere ottimizzate le configurazioni cavi, prevedendo cavi con sezione inferiore in funzione della distanza del collegamento.

La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga 500mm e profonda 1'000mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
  - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
  - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi SB e corrugati in base alla specificità di ogni tratta;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

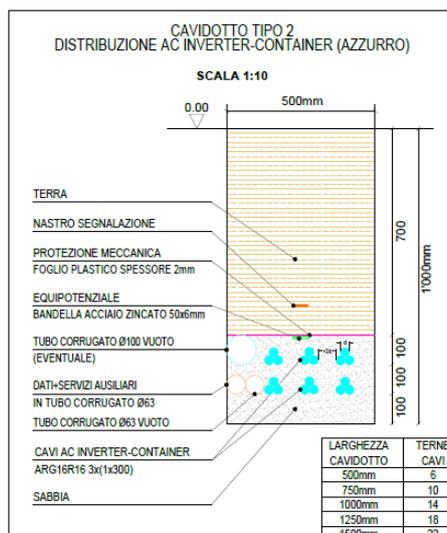


Figura 10 – Modalità di posa cavidotti

### 3.6.2.2 Cavi BT collegamento QBT- trasformatore

Al fine del dimensionamento dei cavi per la tratta QBT-Trasformatore si riportano i coefficienti di declassamento funzione della modalità di installazione e temperatura di esercizio.

Tabella 7 - Calcolo dei coefficienti di declassamento espressi in accordo alle tabelle del paragrafo 5.1.2

Impostazione dati	
Temperatura ambiente [°C]	45
Tipo di isolamento	EPR
k1	0,87
Tipo di cavo	Unipolare
Nr di circuiti Unipolari	4
Distanza fra i circuiti [m]	Raggruppati a fascio
k2	0,65
k <sub>tot</sub>	0,57

La corrente massima della tratta è determinata dalla corrente nominale del trasformatore (lato BT) calcolabile con la seguente formula:

$$I_e(QBT - Trafo) = \frac{1.500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 800 \text{ V}} = 1.084 \text{ A}$$

La verifica del coordinamento ha esito positivo se è rispettata la seguente condizione:

$$I_N < I_r < I_z$$

dove:

- $I_N$  è la corrente nominale della linea da proteggere;
- $I_r$  è la corrente regolata, ovvero settaggio della protezione;
- $I_z$  è la corrente calcolata nel precedente paragrafo.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

In tabella la verifica di coordinamento:

Tabella 8 - Portata verificata (SI) per la sezione di cavo selezionata

FG16R16	Iz'	In	Ir	Iz	Protezione	
Configurazione	[A]	[A]	[A]	[A]	In<Ir	Ir<Iz
3x[4x(1x240)]	1.960	1.084	1.100	1.117	SI	SI

È bene precisare che il dimensionamento finale dei cavi interni alla cabina è responsabilità dei fornitori della cabina stessa.

### 3.6.3 Cavi in corrente alternata (MT)

I cavi in Media Tensione sono necessari per collegare in parallelo le varie cabine di trasformazione sparse per il Campo Fotovoltaico fino a raggiungere la cabina di consegna di ciascun impianto e successivamente la cabina primaria.

La Media Tensione verrà esercita con un Sistema Trifase Isolato 3F, a tutti gli effetti un sistema IT. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in IT:

- prevede tutte e tre le fasi (U-V-W) NON connesse a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un coordinamento tra le protezioni di fase e di neutro, in modo che il cavo risulti sempre protetto.

È stata scelta una tipologia di cavo in funzione del tipo di collegamento da effettuare:

- cavo tipo ARP1H5EX per i collegamenti di distribuzione radiali di campo fino alla cabina di consegna;
- cavo tipo ARP1H5(AR)EX per il collegamento tra le cabine di consegna e la cabina primaria.

#### 3.6.3.1 Cavi di Distribuzione MT

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, disposti a trifoglio nel cavidotto;
- all'interno di tubo corrugato, (un tubo per cavi MT) in entrata/uscita nel tratto di collegamento tra pozzetto e cabine di trasformazione arrivando in fondazione già sottoterra, raggiungerà il fondo dei quadri MT in aria libera.

Come già specificato nel paragrafo precedente è scelto il cavo in Alluminio tipo ARP1H5EX, mentre la configurazione prevista sarà in funzione del numero di cabine del quale è necessaria trasportare l'energia. Nelle distribuzioni secondarie saranno previste le seguenti configurazioni:

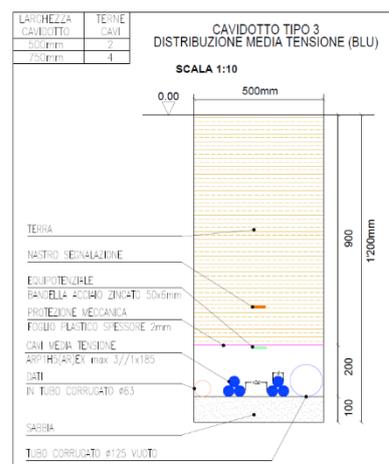
Collegamento 1 cabina di trasformazione	→	3x(1x95) mm <sup>2</sup>
Collegamento 2 cabine di trasformazione	→	3x(1x120) mm <sup>2</sup>
Collegamento 3 cabine di trasformazione	→	3x(1x150) mm <sup>2</sup>

In fase di progettazione esecutiva/costruttiva, potranno essere ottimizzate le configurazioni cavi, prevedendo cavi con sezione inferiore in funzione della distanza del collegamento e della corrente da trasportare.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche del cavo selezionato.

<b>Modello</b>	ARP1H5EX
<b>Conduttore</b>	Corda compatta a fili di alluminio (CEI 20-29, classe 2)
<b>Isolante</b>	HPTE (elastomero termoplastico)
<b>Guaina</b>	Polietilene
<b>Temperatura di esercizio</b>	0 – 105°C
<b>Tensione nominale U<sub>o</sub>/U (Um)</b>	12/20 (24) kV
<b>Sezione conduttore</b>	95 / 120 / 150 mm <sup>2</sup>
<b>Portata corrente [A]</b>	A trifoglio direttamente interrati: 95 mm <sup>2</sup> : 268 A 120 mm <sup>2</sup> : 306 A 150 mm <sup>2</sup> : 341 A



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga da 500 a 750mm (a seconda del numero di cavi MT da posizionare) e profonda 1'200mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
  - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
  - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta; dovrà essere usata l'accortezza di posizionare i cavi MT opportunamente distanziati tra di loro (>2D con D diametro del cavo MT);
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

In talune sezioni il cavidotto potrà essere allargato per evitare che i cavi siano troppo vicini.

### 3.6.3.2 Elettrodotta MT esterno all'impianto

La Media Tensione verrà esercita con un Sistema Trifase 3F-Neutro Isolato (collegamento lato secondario del trasformatore AT/MT a triangolo).

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, disposti a trifoglio nel cavidotto;
- all'interno di tubo corrugato, (un tubo per cavi MT) in entrata/uscita nel tratto di collegamento tra pozzetto e cabine di consegna e/o cabina primaria; arrivando in fondazione già sottoterra, raggiungerà il fondo dei quadri MT in aria libera.

Il cavo selezionato è il cavo in Alluminio tipo ARP1H5(AR)EX, mentre la configurazione prevista sarà:

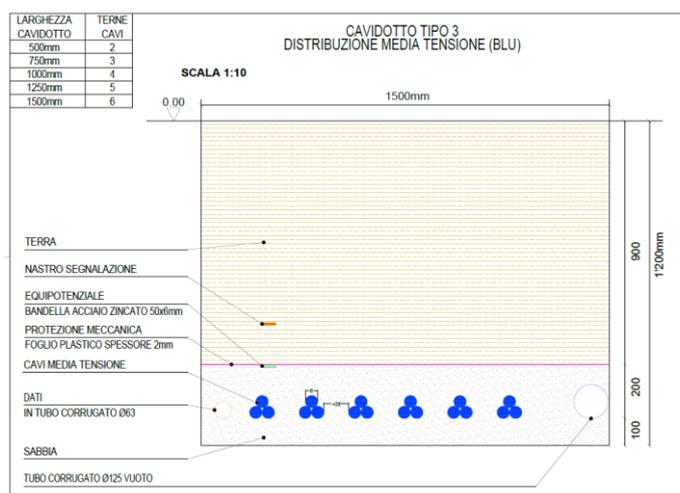
Cavidotto MT Esterno → 3x[3x(1x240)] mm<sup>2</sup>

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

La configurazione è stata selezionata seguendo le prescrizioni dettate dal Gestore della rete di distribuzione, per cui non verrà effettuata alcuna verifica di dimensionamento.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche del cavo selezionato.

<b>Modello</b>	ARP1H5(AR)EX
<b>Conduttore</b>	Corda compatta a fili di alluminio (CEI 20-29, classe 2)
<b>Isolante</b>	HPTE (elastomero termoplastico)
<b>Guaina</b>	Polietilene (DMP2)
<b>Temperatura di esercizio</b>	0 – 90°C
<b>Tensione nominale U<sub>0</sub>/U (Um)</b>	12/20 (24) kV
<b>Sezione conduttore</b>	240 mm <sup>2</sup>
<b>Portata corrente [A]</b>	A trifoglio direttamente interrati 240 mm <sup>2</sup> : 427 A



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga da 700mm e profonda 1'200mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
  - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
  - uno spessore pari a circa 400mm nel quale verranno installati cavi e tegole di protezione in base alla specificità di ogni tratta; dovrà essere usata l'accortezza di posizionare i cavi MT opportunamente distanziati tra di loro (>2D con D diametro del cavo MT);
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

In talune sezioni, ed in particolare in corrispondenza dell'attraversamento delle interferenze lungo il percorso, il cavidotto sarà differente, per cui ogni terna di cavi, mantenendo la configurazione a trifoglio, entrerà in un tubo corrugato di diametro 300mm e verrà installato posato con la tecnica Trivellazione Orizzontale Controllata (di seguito TOC). Nell'elaborato grafico dedicato (*Cavidotto MT – Interferenze su CTR*) sono state individuate le interferenze del percorso del cavidotto MT ed indicata la modalità di risoluzione di tale interferenza.

### 3.6.3.3 Altri cavi

Di seguito l'indicazione delle caratteristiche degli altri cavi previsti all'interno dell'Impianto Fotovoltaico.

#### 3.6.3.3.1 Cavi nella Cabina di Trasformazione MT/BT

La cabina di trasformazione MT/BT è quell'insieme di componenti atti a rendere disponibile l'energia prodotta da un certo numero di inverter in Media Tensione. I componenti principali sono:

- QPCA: ovvero il quadro di parallelo in bassa tensione al quale sono collegati gli inverter di stringa;
- Trasformatore MT/BT, ovvero la macchina elettromeccanica che trasforma l'energia resa disponibile nel QPCA da Bassa a Media Tensione;
- QMT (Quadro Media Tensione), ovvero il quadro che rende disponibile i cavi MT per la distribuzione MT.

La fornitura ed il dimensionamento dei cavi elettrici all'interno di ogni cabina sono da considerarsi come inclusi nella fornitura della cabina di trasformazione.

#### 3.6.3.3.2 Cavi Alimentazione Trackers

I cavi di alimentazione trackers sono cavi di bassa tensione utilizzati per alimentare i motori presenti sulle strutture, responsabili del movimento delle strutture attorno all'asse Nord-Sud, in modo che i moduli fotovoltaici ad essa fissati, siano sottoposti al massimo irraggiamento lungo tutto il movimento giornaliero del sole.

Questi cavi sono alloggiati sia sulle strutture che interrati. Si utilizzerà un cavo per energia, isolato con gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propagante l'incendio, a ridotta emissione di gas corrosivo e con una miscela che lo renda installabile ad aria aperta.

#### 3.6.3.3.3 Cavi di sicurezza e sorveglianza

Il sistema di sicurezza e videosorveglianza utilizza:

- Telecamere per vigilare l'area della recinzione (motion detection con illuminazione IR notturna);
- Telecamere tipo DOME nei punti strategici ed in corrispondenza delle cabine di trasformazione;
- Sistema di illuminazione da utilizzare come deterrente (nel caso il motion detection rilevi un'intrusione, l'illuminazione relativa a quella zona viene attivata).

#### 3.6.3.3.4 Cavi Dati

I cavi dati sono i cavi di trasmissione di tutti i dati dei vari sistemi.

Le tipologie di cavo possono essere di due tipi:

- cavo RS485 per tratte di cavo di lunghezza limitata (tipicamente <100m);

cavo in fibra ottica, per tratti di cavo più lunghi.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.7 Protezioni elettriche

#### Protezione contro cto-cto

Per la porzione di rete elettrica in corrente continua, in caso di corto circuito la corrente ( $I_{sc}$ ) è limitata a valori di poco superiori alla corrente di massima potenza ( $I_{mpp}$ ) dei moduli fotovoltaici. Tali valori sono dichiarati dal costruttore e riportati sul datasheet del modulo FV. A protezione dei circuiti sono presenti, nelle cassette di stringa nonché nella sezione di input degli inverte centralizzati, appositi fusibili.

Nella sezione in corrente alternata la protezione è costituita da appositi interruttori automatici opportunamente dimensionati (per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici).

#### Protezione dai contatti diretti

La protezione dai contatti diretti è assicurata dall'implementazione dei seguenti accorgimenti:

- Installazione di prodotti con marcatura CE (secondo la direttiva CEE 73/23);
- Utilizzo di componenti con adeguata protezione meccanica (IP);
- Collegamenti elettrici effettuati mediante cavi rivestiti con guaine esterne protettive, con adeguato livello di isolamento e alloggiati in condotti porta-cavi idonei in modo da renderli non direttamente accessibili (quando non interrati).

#### Protezione dai contatti indiretti

Le masse delle apparecchiature elettriche situate all'interno delle varie cabine sono collegate all'impianto di terra principale dell'impianto.

Per i generatori fotovoltaici viene adottato il doppio isolamento (apparecchiature di classe II). Tale soluzione consente, secondo la norma CEI 64-8, di non prevedere il collegamento a terra dei moduli e delle strutture che non sono classificabili come masse.

#### Protezione dalle scariche atmosferiche

L'installazione dell'impianto fotovoltaico nell'area, prevedendo mediamente strutture di altezza contenuta e omogenee tra loro, non altera il profilo verticale dell'area medesima. Ciò significa che le probabilità della fulminazione diretta non sono influenzate in modo sensibile. Considerando inoltre che il sito non sarà presidiato, la protezione della fulminazione diretta è costituita da un'adeguata rete di terra che garantirà l'equipotenzialità delle masse.

Per quanto riguarda la fulminazione indiretta, bisogna considerare che l'abbattersi di un fulmine in prossimità dell'impianto può generare disturbi di carattere elettromagnetico e tensioni indotte sulle linee dell'impianto, tali da provocare guasti e danneggiarne i componenti. Per questo motivo gli inverter sono dotati di un proprio sistema di protezione da sovratensioni, sia sul lato in corrente continua, sia su quello in corrente alternata.

### 3.8 Impianto di Terra

L'impianto di terra è un elemento fondamentale di ogni impianto elettrico e serve per dare un riferimento di terra ( $R \sim 0\Omega$ ) a tutto l'impianto elettrico. In questo impianto di generazione fotovoltaico sono presenti essenzialmente due macro tipologie di impianto:

- l'impianto di generazione fotovoltaica, a sua volta suddiviso in campi fotovoltaici, ognuno chiaramente delimitato da un proprio sistema di recinzioni;
- l'impianto di sottostazione di trasformazione Alta – Media Tensione, chiaramente delimitato da proprio sistema di recinzioni.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.8.1 Impianto di terra dell'Impianto Fotovoltaico

L'impianto di terra di un impianto di generazione fotovoltaico si sviluppa lungo un'area particolarmente estesa e quindi esistono regole precise da seguire per realizzare un'unica rete equipotenziale con la Struttura FV, estesa fino alle cabine di trasformazione, ed alla cabina generale MT. A seconda della sezione dell'impianto fotovoltaico, verrà definita una metodologia di realizzazione di questa rete equipotenziale, dai moduli e strutture fotovoltaiche (i cui pali infissi nel terreno avranno funzione di tanti picchetti di dispersione) fino a cabine siano esse di trasformazione o di smistamento (attorno alle quali verrà realizzato un anello perimetrale con picchetti ai vertici, con doppio collegamento alla cabina).

### 3.9 SCADA/monitoraggio

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) in grado di effettuare il monitoraggio del suo funzionamento al fine di verificare costantemente la corretta operatività dei suoi componenti e garantire i livelli prestazionali previsti in fase progettuale.

Esso sarà costituito fondamentalmente da:

- sensori e strumenti di misura ubicati in campo (ad es. centraline meteorologiche) e nei quadri elettrici ubicati all'interno delle cabine di trasformazione e smistamento;
- una rete dati, via cavo di segnale (RS485 e fibra ottica), per la lettura delle misure effettuate dai sovra-mentzionati sensori, nonché di misure e segnali di allarme provenienti dalle apparecchiature dotate di sistema di comunicazione (es. protocollo ModBus RTU), quali:
  - Inverter centralizzati: misure elettriche in CC e CA quali tensione, corrente, potenza, energia, frequenza, ecc. ed allarmi;
  - Tracker mono-assiali: posizione, consumo elettrico, allarmi, ecc.;
  - Trasformatori: misure elettriche, temperatura interna, stato protezioni, ecc.
  - Contatori energetici, centraline, ecc.
- PC industriali, ubicati presso ciascuna cabina di trasformazione, in grado di gestire il flusso di dati, nonché di ricevere istruzione provenienti dal gestore di rete o da operatore remoto e di inviare comandi ai principali componenti d'impianto (es. setpoint di funzionamento agli inverter);
- Server per la memorizzazione locale di tutti i dati acquisiti, nonché la trasmissione via internet degli stessi presso un server remoto, ubicato in un locale dedicato posizionato all'interno del prefabbricato "O&M + Security".

Presso il campo FV sarà installata una stazione meteorologica dedicata, dotata di strumenti di misura (opportunamente certificati e tarati) in grado di acquisire i parametri necessari alla valutazione delle prestazioni energetiche del generatore FV tramite il calcolo dei principali indicatori prestazionali previsti dalla normativa di settore (IEC 61724-1/2/3).

Ciascuna stazione meteo comprenderà almeno i seguenti sensori:

- Piranometro a termopila per la misura dell'irraggiamento solare globale sul piano orizzontale;
- Piranometri a termopila installati in posizione solidale alle strutture ad inseguimento solare monoassiale per la misura dell'irraggiamento solare globale sul piano dei moduli FV;
- Sensore per la misura della temperatura ambiente (es. PT100);
- Sensori per la misura della temperatura di retro-modulo (es. PT100);
- Anemometro per la misura della velocità del vento dotato di banderuola per misura della direzione del vento;
- Sensori per misura di umidità dell'aria e pressione atmosferica.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Si prevede la realizzazione di un sistema software integrato in grado di consentire una visualizzazione organica di tutti i principali parametri operativi dei sovra-menzionati componenti, tramite apposito sinottico visualizzabile da operatore che consenta un efficace monitoraggio da remoto.

Lo SCADA sarà inoltre in grado di integrare gli allarmi provenienti sia dai singoli componenti (malfunzionamenti), che dagli impianti accessori dell'impianto FV, quale l'impianto anti-incendio e sistema anti-intrusione.

### 3.10 Impianti di sorveglianza / illuminazione

Al fine di garantire la non accessibilità del sito al personale non autorizzato e l'esercizio in sicurezza dell'impianto FV, esso sarà dotato di un sistema anti-intrusione.

L'impianto FV sarà recintato e ciascun punto di accesso sarà dotato di tastierino numerico per consentire l'accesso al solo personale autorizzato.

Il sistema di vigilanza sarà essenzialmente costituito da videocamere di sorveglianza posizionate:

- lungo la recinzione prevedendo una telecamera su ogni palo dedicato di altezza pari a 5m, ciascuna orientata in modo da guardare la successiva, posta ad una distanza massima pari a 70m, che dovrà essere il raggio d'azione della telecamera stessa. Ogni telecamera sarà inoltre dotata di sensore IR da ¼" per la visione notturna, con campo di funzionamento di circa 100m. Le videocamere saranno posizionate lungo la recinzione perimetrale di ciascun campo ad intervalli di 50÷70m;
- in prossimità di ogni cabina elettrica prevedendo una telecamera per poter controllare e registrare eventuali accessi alle cabine stesse.

È prevista inoltre l'installazione di un sistema di illuminazione esterna perimetrale, costituito da lampade a LED direzionali posizionate su pali, con funzione anti-intrusione, che si accenderà solo in caso di intrusione dall'esterno al fine di minimizzare l'inquinamento luminoso ed il consumo energetico.

In caso di rilevazione di intrusione non autorizzata saranno inoltre attivati allarmi acustici nonché segnalazioni automatiche via GSM/SMS a numeri telefonici pre-impostati.

### 3.11 Impianti Anti-roditori

Tutte le cabine di trasformazione e di smistamento potranno essere equipaggiate di un proprio impianto anti-roditori ad emissioni di ultrasuoni ad alta frequenza in modo da dissuadere eventuali roditori dal danneggiare i cavi di potenza nel passaggio di vasche di fondazione.

00	30-06-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione