




**Impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica  
da fonte solare fotovoltaica e relative opere connesse  
della potenza di 24,98076 MWp, denominato  
“PORTOMAGGIORE”**

**Regione Emilia Romagna  
Comune di Portomaggiore (FE), Località Pomona**

**PROGETTO DEFINITIVO  
RELAZIONE TECNICA GENERALE**




09/2024	00	Prima emissione	Berardinelli G. – Fratianni L.	Francavilla G. Marabeti L. D'Amico G.	Boni Castagnetti F.
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale 			ID Documento Committente  CoD084_FV_00004_BGR		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale  deve-loop S.r.l. unipersonale			ID Documento Appaltatore  FV_IR_03.Portomaggiore_PD.ELA.04		


	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 2 / 35
		Numero Revisione
		00

## Sommario

1	Premessa.....	4
1.1	Descrizione dell'attività oggetto di intervento.....	4
2	Riferimenti normativi.....	7
3	Dati di progetto .....	9
3.1	Dati di progetto di carattere generale .....	9
3.2	Dati di progetto relativi alle influenze esterne .....	9
3.3	Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico .....	10
4	Descrizione tecnica dell'impianto fotovoltaico .....	12
4.1	Generatore fotovoltaico.....	12
4.2	Struttura metallica di sostegno .....	13
4.3	String boxes.....	16
4.4	Cabine di conversione e trasformazione .....	18
4.4.1	Cabina di conversione e trasformazione da 4000 kVA.....	18
4.5	Cabine elettriche e locali di servizio .....	19
4.5.1	Cabina di raccolta.....	19
4.5.2	Cabina O&M.....	20
5	Architettura del sistema di connessione alla rete .....	21
5.1	Realizzazione delle linee elettriche .....	21
6	Stima di produzione elettrica da fonte fotovoltaica .....	25
7	Opere accessorie .....	26
7.1	Recinzione perimetrale .....	26
7.2	Cancelli d'accesso.....	26
7.3	Viabilità interna.....	27
7.4	Sistema SCADA .....	28
7.5	Sistemi di allarme e videosorveglianza.....	29
8	Calcoli e verifiche di progetto.....	31
8.1	Variazione della tensione lato dc con la temperatura .....	31
8.2	Dimensionamento dei cavi.....	31
8.3	Verifica della caduta di tensione .....	31
8.4	Protezione dalle sovracorrenti.....	32
9	Sistemi di protezione elettrica.....	33
9.1	Sistemi di supervisione e manutenzione .....	34

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 3 / 35
		Numero Revisione
		00

9.2      Impianto di terra.....34

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 4 / 35
		Numero Revisione
		00

## 1 Premessa

La presente Relazione tecnica generale è redatta a corredo del Progetto Definitivo inerente alla realizzazione di un impianto “agrivoltaico” denominato **"Portomaggiore"**. L'impianto è progettato per produrre energia elettrica in collegamento alla rete di distribuzione. La potenza di picco dell'impianto prevista è pari a 24,98076 MWp, il collegamento alla rete verrà realizzato tramite un cavidotto AT 36 kV, connesso ad una nuova Stazione Elettrica RTN 380/132/36 kV.

L'area prevista per l'installazione dell'impianto in oggetto è collocata sul terreno situato nel Comune di Portomaggiore in provincia di Ferrara e censito in catasto al Foglio 151 p.lle 49, 101, 104, 75, 90, 25, 26, 27, 28, 34, 41, 38, 43, 44, 45, 48, 110, 108, 85, 14, 47, 42, 96, nonché individuato alle coordinate 44°40'29.00"N - 11°50'55.74"E.

Il sito è raggiungibile con Strada Provinciale 48. L'area risulta essere classificata con destinazione agricola. La superficie complessiva afferente alla proprietà misura **502.143 mq** mentre la superficie afferente solamente all'area di intervento recintata è di **345.972 mq**.

La società proponente, **Iren Green Generation Tech S.r.l.**, con sede in Corso Svizzera 95, 10143 Torino, possiede i diritti sui terreni necessari alla realizzazione e al mantenimento dell'impianto.

### 1.1 Descrizione dell'attività oggetto di intervento


L'impianto di produzione sarà connesso alla rete di trasmissione nazionale in antenna a 36kV alla nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV, la quale sarà inserita in entra – esce sulla RTN a 380 kV “Portomaggiore – Bando” e alla linea RTN a 380 k V “Ferrara Focomorto – Ravenna Canala”. L'energia prodotta dall'impianto sarà ceduta alla rete elettrica di distribuzione, secondo le condizioni definite dalla ARERA.

È prevista l'installazione di pannelli fotovoltaici della potenza nominale di 690 Wp opportunamente connessi fino al raggiungimento della potenza nominale del generatore fotovoltaico pari a 24,98076 MWp. Il generatore è organizzato in stringhe collegate a string box nei quali si effettua il loro parallelo prima della connessione alle cabine di conversione e trasformazione, dislocate nell'area d'impianto, all'interno delle quali sono posizionati gli inverter, i trasformatori AT/bt e gli organi di manovra. I moduli fotovoltaici sono posati su sistemi di inseguimento solare monoassiale tali da orientare i pannelli fotovoltaici posizionandoli in maniera tale da ottimizzare la radiazione luminosa che li investe.

Oltre alle cabine di conversione e trasformazione posizionate nell'area dell'impianto, sono presenti ulteriori manufatti posti in prossimità del perimetro dell'impianto che ospitano la cabina di derivazione, gestione e controllo a servizio dell'impianto e le opere necessarie alla connessione dell'impianto alla rete di trasmissione nazionale presente a circa 3 km dal luogo di installazione.

La perimetrazione dell'area di impianto sarà realizzata mediante recinzione metallica. È prevista, lungo il perimetro, l'installazione di un sistema elettronico di allarme e videosorveglianza.

Saranno realizzati una rete di cavidotti interrati, interni al campo fotovoltaico, eserciti a differenti livelli di tensione, a seconda della parte di impianto alla quale fanno riferimento, necessari per la distribuzione dell'energia elettrica prodotta dal generatore fino al punto di consegna, nonché per l'alimentazione dei servizi ausiliari dell'impianto di produzione.

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 5 / 35
		Numero Revisione
		00

La connessione dell'impianto alla rete di trasmissione avviene mediante realizzazione di una nuova linea interrata in alta tensione a 36kV, così come indicato negli elaborati a corredo del progetto, che collega la cabina principale dell'impianto di produzione (c.d. Cabina di raccolta) alla stazione 36 kV della nuova S.E. "BANDO" di Terna.

### ***Interferenze con le infrastrutture impiantistiche preesistenti***

I tracciati dei cavidotti sono progettati tenendo in considerazione le eventuali interferenze presenti nell'area di impianto quali metanodotto, fogne, fossi e sistema di irrigazione.


La strategia progettuale è quella di mantenersi a distanze di sicurezza dalle infrastrutture impiantistiche presenti, qualora non sia possibile evitare incroci o parallelismi con le stesse, sono considerate tutte le prescrizioni previste dalle Norme nei casi specifici, che sono meglio descritte più avanti nel presente documento, nel paragrafo riguardante le condizioni di posa dei cavidotti.

### ***Layout area di cantiere***

In tutta l'area di impianto, oltre all'area temporanea di cantiere, sono presenti 7 aree di deposito temporaneo, dislocate lungo i perimetri dei sottocampi costituenti l'impianto ed opportunamente collegati dalla viabilità di servizio. Le singole aree sono costituite da 968 m<sup>2</sup> circa destinati al deposito di bobine di cavi e corrugati, 517 m<sup>2</sup> circa destinati al deposito di inverter e materiali in pallet o cassoni e 2170 m<sup>2</sup> per il deposito dei pallet dei moduli fotovoltaici.

L'area temporanea di cantiere, opportunamente delimitata da apposita recinzione ed alla quale è possibile accedere per mezzo di cancello, è costituita dalle seguenti parti:

- Nr. 1 area destinata al parcheggio degli automezzi degli addetti ai lavori, posizionata nell'immediata vicinanza del cancello di ingresso e nella quale è presente un locale tecnico prefabbricato adibito a guardiania;
- Nr. 8 locali prefabbricati con le seguenti funzioni:
  - Direttore dei lavori e Coordinatore della Sicurezza;
  - Impresa;
  - Spogliatoi e servizi igienici;
  - Refettorio;
  - Deposito apparecchiature e materiali per attività elettriche;
  - Deposito apparecchiature e materiali per attività meccaniche;
  - Magazzino manutenzione;
  - Committente;
- Nr. 1 container da 40' per lo stoccaggio dei materiali in attesa di approvazione;
- Nr. 1 container da 40' per lo stoccaggio dei materiali non conformi;
- Nr. 1 area destinata al deposito di inverter e materiali in pallet o cassoni, della superficie di circa 517m<sup>2</sup>;
- Nr. 1 area destinata al deposito di bobine di cavo e corrugati, della superficie di circa 968m<sup>2</sup>;
- Nr. 1 area destinata al deposito di pallet dei moduli fotovoltaici, della superficie di circa 2170m<sup>2</sup>.

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 6 / 35
		Numero Revisione
		00


### ***Lavorazioni propedeutiche per la preparazione del sito***

La realizzazione dell'impianto prevede una serie articolata di lavorazioni complementari tra di loro che possono essere sintetizzate mediante la seguente sequenza di fasi, determinata dall'evoluzione logica ma non necessariamente temporale.

- Delimitazione area e apprestamenti di cantiere;
- Realizzazione delle recinzioni e dei cancelli;
- Tracciamento opere in progetto;
- Esecuzione viabilità interna impianto e di accesso all'area;
- Esecuzione di sottofondazioni cabine e opere civili, infissione pali fondazione trackers;
- Esecuzione dei cavidotti;
- Montaggio strutture trackers;
- Montaggio moduli fotovoltaici;
- Posa delle cabine in c.a.v., cabine di trasformazione;
- Posa componenti di impianto e dispositivi elettromeccanici;
- Cablaggio componenti impianto;
- Realizzazione linea di interconnessione AT;
- Realizzazione impianti ausiliari;
- Completamento opere civili ed accessorie;
- Smobilizzo area di cantiere.

A lavori ultimati si procederà al ripristino delle condizioni preesistenti in corrispondenza delle aree temporanee di lavoro.

Al termine dei lavori per la realizzazione dell'impianto di produzione, saranno effettuati tutti i collaudi previsti dalle normative in vigore. Prima dell'entrata in esercizio dello stesso.

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 7 / 35
		Numero Revisione
		00

## 2 Riferimenti normativi


L'impianto fotovoltaico dell'attività in oggetto sarà realizzato in conformità alle seguenti leggi e norme.

*Per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni:*

- D.Lgs. 81/08: Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.
- D.Lgs. 493/96: Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro;


*Per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici:*

- Legge 186/68: Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici;
- DM 16/1/96: Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;
- Circolare 4 luglio 1996: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 20-19: Cavi isolati in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750V;
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI EN 60099-1-2: Scaricatori;
- CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;
- CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico
- CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;
- CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 8 / 35
		Numero Revisione
		00

- CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);
- CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete;
- CEI EN 62305-1: Protezione contro i fulmini. Principi generali;
- CEI EN 62305-2: Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio;
- CEI EN 62305-3: Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
- CEI 64-8, parte 7, sez. 712: Sistemi fotovoltaici solari di alimentazione;
- UNI 10349: dati climatici per il dimensionamento del generatore fotovoltaico;
- Norme UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici.
- TERNA: Allegato A.68 "Centrali fotovoltaiche - Condizioni generali di connessione alle reti AT - Sistemi di protezione regolazione e controllo"



	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 9 / 35
		Numero Revisione
		00

### 3 Dati di progetto

I dati riportati nel seguito sono strutturati e suddivisi secondo quanto riportato nella Guida CEI 0-2.

#### 3.1 Dati di progetto di carattere generale

Pos.	Dati	Valori stabiliti
3.1.1	Scopo del lavoro	Realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 24.980,76 kWp collegato alla rete di trasmissione nazionale
3.1.2	Richiedente	Iren Green Generation Tech S.r.l. Corso Svizzera, 95 - 10143 - Torino (TO)
3.1.3	Luogo di installazione	Terreno in agro del Comune di Portomaggiore in provincia di Ferrara e censito in catasto al Foglio 151 p.lle 49, 101, 104, 75, 90, 25, 26, 27, 28, 34, 41, 38, 43, 44, 45, 48, 110, 108, 85, 14, 47, 42, 96.
3.1.4	Proprietari terreno	Il richiedente ha acquisito i diritti alla realizzazione dell'opera.

Tabella 3.1: Dati generali impianto

#### 3.2 Dati di progetto relativi alle influenze esterne

Pos.	Dati	Valori stabiliti
3.2.1	Radiazione solare	Vedi Tabella 3.3
3.2.2	Temperatura: - min/max all'aperto - media del giorno più caldo - media delle massime mensili - media annuale	-1°C/+36°C +26°C +19,9°C +14,7°C
3.2.3	Formazione di condensa	Possibile
3.2.4	Altitudine (s.l.m.)	2 m (s.l.m.)
3.2.5	Latitudine (°)	44°40'29.00"N
3.2.6	Longitudine (°)	11°50'55.74"E
3.2.7	Dati relativi al vento -Direzione prevalente -Massima velocità di progetto -Pressione del vento	Ovest annua: 4,8 m/s 27 m/s – zona 3 0.46kN/mq – zona 3
3.2.8	Carico di neve	0,5 kN/mq (zona II)
3.2.9	Effetti sismici	Zona 3

Tabella 3.2: Dati influenze esterne


Mese	Radiazione media giornaliera (kWh/m <sup>2</sup> )	Radiazione media annua (kWh/m <sup>2</sup> )
Gennaio	1,60	
Febbraio	2,16	
Marzo	3,51	
Aprile	4,87	
Maggio	5,91	
Giugno	6,71	
Luglio	6,91	
Agosto	5,96	
Settembre	4,30	
Ottobre	2,63	
Novembre	1,43	
Dicembre	1,06	
Tot. annuo		1.425,0

Tabella 3.3: Dati irraggiamento solare globale sul sito di interesse

### 3.3 Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

Dati	Valori stabiliti
Potenza di progetto	24.980,76 kWp
Dati collegamento elettrico - Tensione nominale AT - Tensione nominale bt - Sistema elettrico - Sistema di distribuzione bt	36kV 600/400/230V II Categoria TN-S
Misura dell'energia	Contatori di produzione installato all'interno delle cabine di trasformazione. Contatore di scambio installato all'interno del locale utente della cabina di consegna.
Trasformatori, inverter e quadri c.a.	I trasformatori, gli inverter e i quadri elettrici c.a. saranno posizionati all'interno di locali prefabbricati posizionati a loro volta all'interno dell'area di intervento.
Struttura moduli fotovoltaici	Ogni fila di moduli fotovoltaici sarà sorretta da strutture meccaniche infisse nel terreno e dotate di sistema mobile di orientamento monoassiale.
Recinzione	La recinzione utilizzata per la delimitazione del campo fotovoltaico sarà in rete metallica elettrosaldata in filo di ferro di diametro di 2mm a maglia quadrata 50x50 mm zincata a caldo dopo la saldatura e plastificata.

Tabella 3.4: Dati costruttivi impianto

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 11 / 35
		Numero Revisione
		00

Descrizione	Valore
Potenza in immissione richiesta al punto di consegna	22.000 kW
Potenza nominale Impianto di Produzione	25.200 kW
Potenza di picco installata in DC	24.980,76 kWp
Potenza in prelievo richiesta al punto di consegna	100 kW
Potenza complessiva trasformatori servizi ausiliari (TSA)	80 kVA
Tensione al punto di consegna	36kV
Tecnologia pannelli	Silicio monocristallino
Tecnologia strutture di fissaggio	Tracker monoassiali (Asse N-S)

Tabella 3.5: Parametri caratteristici impianto

Descrizione	Valore
Volume Conversion Units	530 m <sup>3</sup> ca
Volume Cabina O&M	30 m <sup>3</sup> ca
Volume Cabina di raccolta (SW Station)	330 m <sup>3</sup> ca

Tabella 3.6; Volumi complessivi locali/edifici d'impianto

## 4 Descrizione tecnica dell'impianto fotovoltaico

### 4.1 Generatore fotovoltaico

I moduli fotovoltaici utilizzati sono costituiti da celle in silicio monocristallino aventi ognuno una potenza nominale di 690Wp. Il numero totale dei moduli è pari a 36.204, suddivisi in 7 sottocampi, corrispondenti ad una potenza complessiva del singolo generatore fotovoltaico di 24.980,76 kWp. I moduli avranno una struttura superiore in vetro e relativa cornice e saranno dotati di scatola di giunzione con diodi di by-pass e connettori di collegamento. La scelta dei moduli proposti garantirà il grado di assoluta affidabilità, durabilità e rendimento anche in funzione delle temperature medie del sito di intervento.

I moduli fotovoltaici previsti saranno dotati di una etichetta segnaletica contenente nome del fabbricante, numero del modello, potenza in W e numero di serie. Saranno certificati IEC 61215 e avranno una Classe di isolamento II.

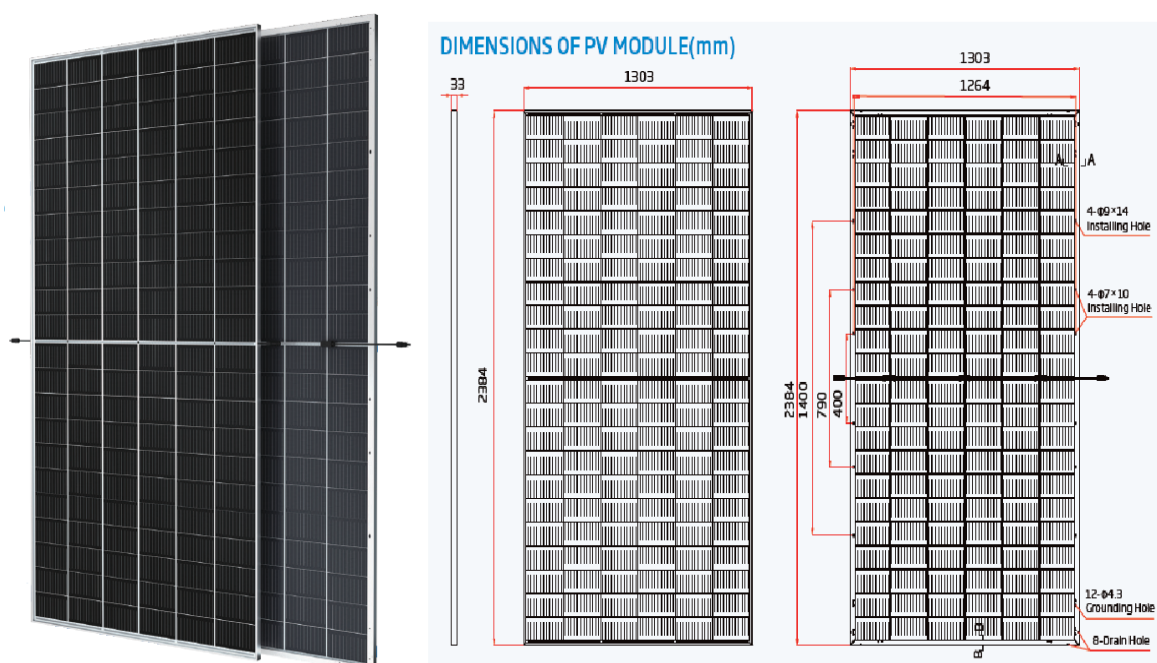


Figura 4.1: Aspetto e caratteristiche dimensionali dei pannelli fotovoltaici

Grandezza	Valore
Tecnologia	Silicio monocristallino
Numero celle e connessione	132 in serie
Potenza massima (Pm)	690 W
Tensione a massima potenza (VPm)	40,1 V
Corrente a massima potenza (IPm)	17,23 A
Tensione a vuoto (Voc)	47,9 V
Corrente di c.to c.to (Isc)	18,25 A

Efficienza del modulo ( $\eta$ )	22,2 %
Tensione massima di sistema ( $V_{ms}$ )	1500 V
Dimensioni	2384 x 1303 x 35 mm
Peso	38,7 kg
Temperatura di funzionamento	-40 °C ÷ +85 °C
Coeff. Temp.Pm	-0,30 %/°C
Coeff. Temp.Voc	-0,25 V/°C
Coeff. Temp.Isc	0,04 %/°C

*Tabella 4.1: Dati caratteristici del modulo fotovoltaico*

Essi saranno connessi in stringhe formate dalla connessione in serie di 28 moduli, numero tale da garantire un valore adeguato delle grandezze elettriche per l'interfacciamento con i sistemi di conversione. Le stringhe sono poi collegate agli string box, nei quali si effettua il parallelo per il successivo collegamento al sistema di conversione statica, per convertire l'energia elettrica prodotta dalle stringhe da corrente continua a corrente alternata. Il numero delle stringhe collegate ad ogni string box è variabile a seconda della topologia del sistema ed è meglio descritta nello schema elettrico unifilare.

## 4.2 Struttura metallica di sostegno

Al fine di ottimizzare la produzione annuale, i moduli, organizzati in stringhe, sono posti sopra a sistemi di orientamento automatico monoassiale. Tali sistemi di orientamento sono definiti "tracker" e si spostano indipendentemente gli uni dagli altri, guidati singolarmente dal proprio sistema di controllo. La gamma di rotazione estesa dei tracker è di 110 ° (-55°; + 55°). La struttura di supporto è realizzata in acciaio e progettata secondo le vigenti prescrizioni normative. I componenti metallici del tracker sono trattati superficialmente in maniera tale da conferire loro idonea resistenza per l'installazione all'esterno e alle sollecitazioni atmosferiche. I singoli tracker sono dotati di sistema elettronico di controllo in grado di massimizzare, orientando la struttura di ancoraggio dei moduli fotovoltaici, la produzione di energia elettrica del generatore, anche considerando i fenomeni di ombreggiamento reciproco tra le stringhe adiacenti.

In riferimento alla sicurezza dei sistemi di orientamento monoassiale nei confronti delle sollecitazioni legate al vento, gli stessi sono testati in galleria del vento e garantiscono una resistenza a raffiche fino a 50 km/h alla loro massima inclinazione ( $\pm 55^\circ$ ). Oltre a questo, i tracker sono dotati di sistemi attivi di sicurezza in grado di rilevare la direzione e la velocità del vento e adeguare la conformazione della struttura meccanica di supporto in maniera tale da ridurre al minimo le sollecitazioni che potrebbero portare alla distruzione delle strutture di sostegno. In particolare, quando la velocità del vento di raffica è superiore a 50 km/h il sistema si porta nella posizione di sicurezza che, da studi eseguiti, risulta essere caratterizzata da una inclinazione rispetto all'orizzontale pari a 35°.

La struttura meccanica di sostegno è ancorata al terreno mediante parti metalliche di idonea dimensione infissi nel terreno ad una profondità tale da garantire il sostegno dell'intera struttura senza l'ausilio di alcun tipo di fondazione. La profondità di infissione dei sostegni nel terreno è mediamente pari a 2000 mm, a seconda delle caratteristiche meccaniche del terreno nel quale avviene l'installazione della struttura di sostegno.

I sostegni sono installati con un pitch (distanza tra gli assi dei sostegni di due file di tracker) di 5,5m e con un azimut di 20° rispetto all'asse Nord-Sud.

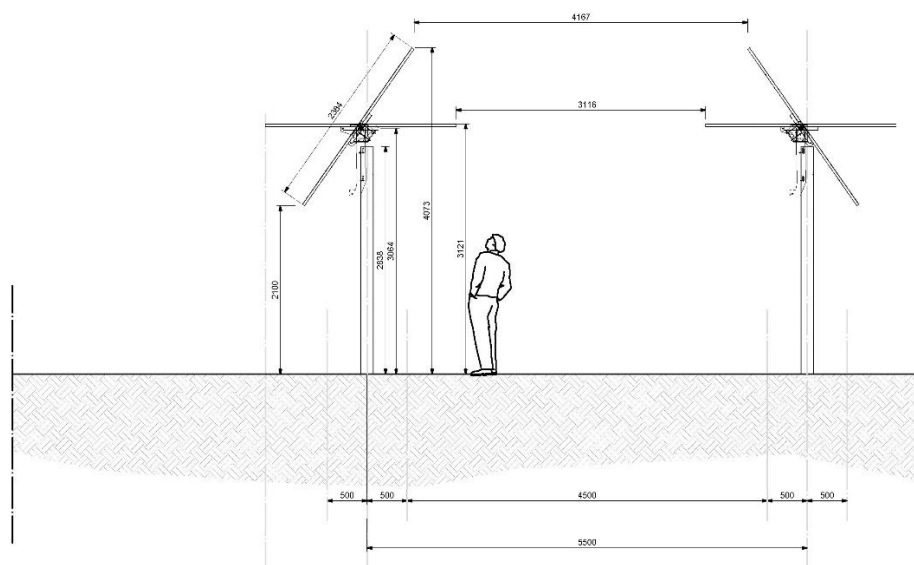
Per sfruttare al massimo la superficie destinata all'area di generatore saranno installati tracker di due diverse taglie: uno in grado di ospitare 28 moduli, l'altro in grado di ospitarne 14.

A titolo di esempio si riporta in Figura 4.2 l'aspetto di questa tipologia di tracker ed in Figura 4.3 una vista in prospettiva dei tracker installati.

Nelle Figura 4.4 e Figura 4.5 sono invece mostrate le caratteristiche dimensionali e la gamma di rotazione rispettivamente dei tracker da 28 moduli e di quelli da 14.



*Figura 4.2: Aspetto dei tracker*



*Figura 4.3: Vista in prospettiva dei tracker installati*

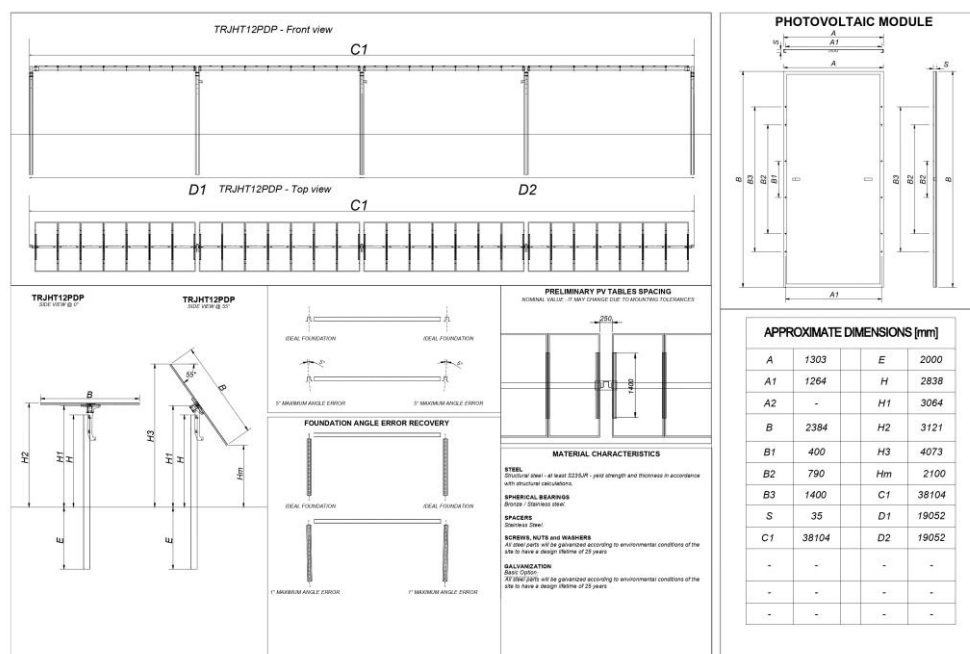


Figura 4.4: Caratteristiche dimensionali e gamma di rotazione dei tracker da 28 moduli

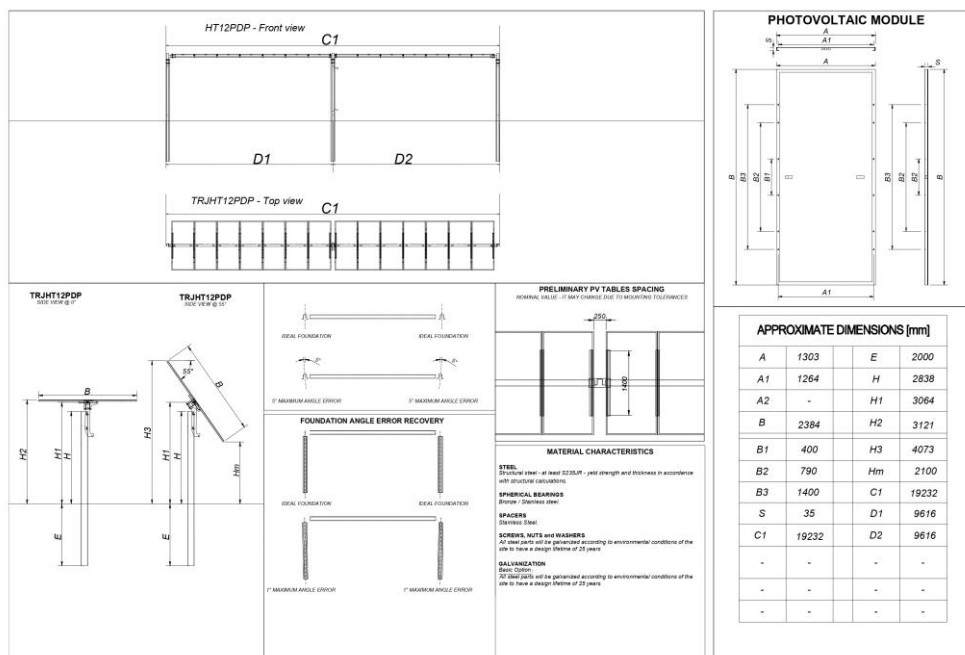



Figura 4.5: Caratteristiche dimensionali e gamma di rotazione dei tracker da 14 moduli



	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 16 / 35
		Numero Revisione
		00

### 4.3 String boxes

Al fine di ottimizzare la distribuzione dell'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici e di ridurre al minimo i cablaggi le singole stringhe sono collegate in parallelo all'interno di appositi dispositivi denominati string boxes. Esse saranno posizionate all'interno dell'area del generatore fotovoltaico e, in funzione delle caratteristiche del terreno e delle scelte progettuali, saranno ancorate direttamente alla base della struttura metallica di sostegno dei moduli oppure installati all'interno di rack metallici dedicati, posizionati in prossimità delle strutture di sostegno.



*Figura 4.6: Aspetto degli string boxes*

Le string boxes sono quadri elettrici che hanno lo scopo di collegare in parallelo diverse stringhe. Al loro interno sono presenti:

- fusibili di stringa, per la protezione dei moduli fotovoltaici dalla corrente inversa;
- limitatore di sovratensione, da collegare al circuito di massa esterno per la protezione dell'inverter dalle sovratensioni temporanee;
- sezionatore DC sotto carico, per scollegare la string box dall'impianto a monte;
- dispositivi elettronici per il controllo delle stringhe.

In Figura 4.7 è riportato uno schema di principio degli string boxes, mentre in Tabella 4.2 sono riportate le caratteristiche elettriche, meccaniche ed ambientali degli string boxes utilizzati nel presente progetto.



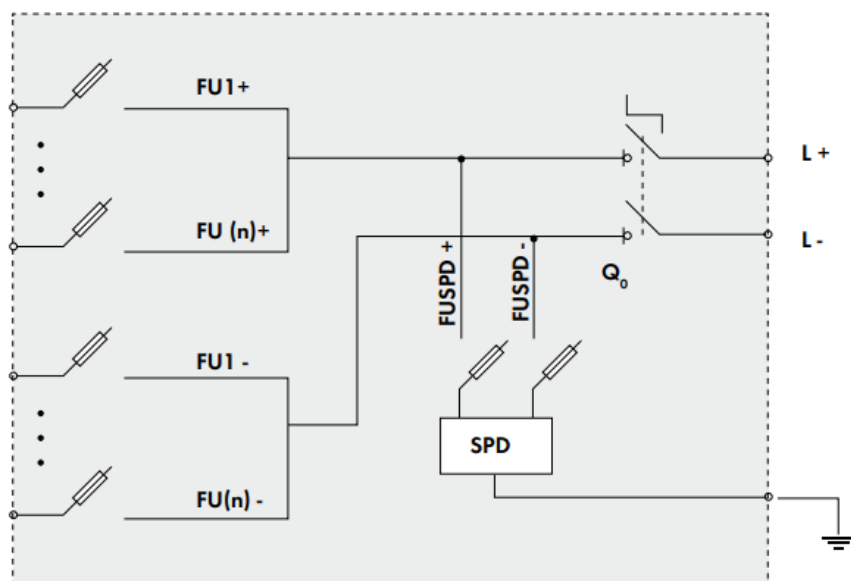



Figura 4.7: Schema di principio degli string boxes

Grandezza	Valore
<b>DATI GENERALI</b>	
Tensione massima sistema (Vn)	1500 V
Corrente massima ingresso CC	17.2 A
Corrente massima uscita CC	275 A
<b>DATI MECCANICI</b>	
Involucro	Cassa GPR
Numero di ingressi	16
Dimensioni	550 x 260 x 650 mm
Peso	22 kg
Grado protezione IP	IP54
Classe protezione	CLASSE II
<b>DATI AMBIENTALI</b>	
Temperatura ambiente durante operazioni	da -25°C a 60°C
Temperatura ambiente durante lo storage	da -40°C a 70°C
Umidità	da 0% a 95% senza condensa
Altitudine	fino a 4.000 m
<b>DATI INGRESSO DC</b>	
Numero di stringhe	16
Sezione del conduttore	da 4 mm <sup>2</sup> a 6 mm <sup>2</sup>
Tipo fusibile	10,3 x 38 - 1.500VDC - gPV
Taglia fusibile	da 10 A a 25 A
<b>DATI USCITA DC</b>	
Tipo morsetti	Barra colletttrice in rame con foro M12
Tipo sezionatore	Sezionatore sotto carico - 2 poli - 1.500VDC
Protezione SPD	SPD Tipo II 15kA/40kA

Tabella 4.2: Caratteristiche degli string boxes

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 18 / 35
		Numero Revisione
		00

#### 4.4 Cabine di conversione e trasformazione

Nell'area del generatore fotovoltaico sono dislocate cabine di conversione e trasformazione che consentono di adeguare le grandezze elettriche dai valori propri dell'impianto di produzione fotovoltaica a quelli propri della rete di distribuzione AT interna all'impianto.

All'interno di queste cabine, infatti, sono posizionati:


- Il convertitore statico necessario a convertire la corrente continua proveniente dagli string box in corrente alternata in bassa tensione;
- il trasformatore AT/bt per innalzare il valore della tensione convertita dagli inverter, per renderli compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto;
- i sistemi elettromeccanici per garantire il sicuro interfacciamento alle reti interne di distribuzione dell'energia elettrica.

Nei quattro sottocampi che costituiscono l'area del generatore fotovoltaico, sono distribuite sei cabine di conversione e trasformazione. Per ottimizzare la distribuzione delle cabine nell'area di impianto, minimizzando i percorsi dei cavi, sono inserite in progetto cabine di due taglie diverse, le cui caratteristiche saranno di seguito descritte.

Le singole cabine di conversione e trasformazione, posizionate come detto in maniera tale da ottimizzare i parametri elettrici legati alle linee di collegamento con le sezioni del generatore ad esse sottese, presentano una potenza nominale pari a 4000kVA (n. 7 cabine avranno potenza pari a 4000kVA).

##### 4.4.1 Cabina di conversione e trasformazione da 4000 kVA

Grandezza	Valore
<b>INPUT DC</b>	
Tensione massima sistema	1500 V
Corrente massima	4750 A
Massima corrente di c.to c.to	8400 A
Range tensione	849÷1500 V
Tensione nominale di avvio	1030 V
Numero di ingressi	24
<b>TRASFORMATORE</b>	
Tensione uscita nominale	36kV
Tipologia	Immerso in olio
Raffreddamento	KNAN
Tipologia olio	Olio naturale
Collegamento avvolgimenti	Dy11
<b>OUTPUT AC AT</b>	
Potenza nominale	4000 kVA
Tensione nominale AC	36kV
Frequenza nominale	50Hz/60Hz
THD massimo (alla potenza nominale)	<3%
<b>DISPOSITIVI DI PROTEZIONE</b>	

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 19 / 35
		Numero Revisione
		00

Dispositivo di disinserzione lato ingresso	Sezionatore di carico CC
Dispositivo di sgancio lato uscita	Interruttore a vuoto
Protezione contro le sovratensioni CC	Scaricatore di sovratensioni tipo I
<b>CARATTERISTICHE MECCANICHE</b>	
Dimensioni	6058x2896x2438 mm
Peso	< 18T
Temperatura di esercizio	-25°C ÷ +45°C
Umidità relativa	0% RH ÷ 95% RH
Altitudine nominale di esercizio	1000m
Fabbisogno d'aria fresca inverter	6500 m <sup>3</sup> /h
Grado protezione IP	Control rooms IP23D Inverter electronics IP54

Tabella 4.3: Dati cabina di conversione e trasformazione da 4000 kVA

## 4.5 Cabine elettriche e locali di servizio

All'interno dell'area di impianto sono installate anche due cabine in calcestruzzo: La Cabina di raccolta e la cabina O&M. Nei seguenti paragrafi saranno entrambe analizzate nei dettagli, sia costruttivi che funzionali.

### 4.5.1 Cabina di raccolta

La cabina di raccolta è costituita da un prefabbricato in cemento armato di dimensioni pari a 20 x 6 m con un'altezza dal piano di calpestio di 3,60 m. La stessa è posata su una fondazione a vasca in cemento armato avente dimensioni superficiali pari a quelle della struttura sovrastante per una profondità di 0,64 m.

La cabina è costituita da tre locali, ognuno con accesso indipendente ed esclusivo dall'esterno della struttura.

In Figura 4.8 ne è mostrata una vista in pianta.

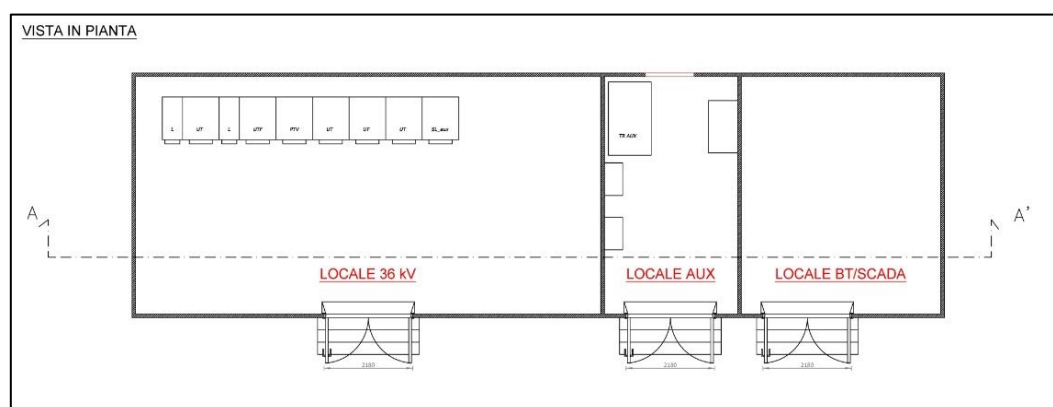



Figura 4.8: Vista in pianta della cabina di raccolta

	ID Documento Committente	Pagina 20 / 35
	<b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Numero Revisione
		00

Il primo dei tre locali, indicato con la denominazione “Locale 36 kV”, ha una superficie di circa 66 m<sup>2</sup> ed è quello in cui installati i nove scomparti AT. Più nello specifico, sono presenti uno scomparto di linea (con funzione di generale quadro) con a monte e a valle due scomparti di risalita cavi (uno con funzione di arrivo linea, l’altro per la risalita), uno scomparto per le misure fiscali, uno per la protezione del trasformatore voltmetrico, tre scomparti di linea per la protezione delle tre linee AT provenienti dal campo e uno scomparto per la protezione del trasformatore AT/bt dei servizi ausiliari.

Il secondo locale, indicato con la denominazione “Locale aux”, ha una superficie di circa 19 m<sup>2</sup>. Contiene il trasformatore AT/bt dei servizi ausiliari e tutti i quadri bt necessari alla gestione dei servizi ausiliari dell’impianto. **In merito alla distribuzione ed all’alimentazione dei servizi ausiliari, si precisa che la distribuzione dettagliata verrà definita in fase di progetto esecutivo.**

Il terzo locale, indicato con la denominazione “Locale bt/SCADA”, ha una superficie di circa 29 m<sup>2</sup>. In questo locale, in cui l’unico livello di tensione presente è la bassa tensione, è prevista l’installazione di tutte le ulteriori apparecchiature necessarie per la gestione dei quadri AT e bt, oltre al sistema SCADA dell’impianto.

#### 4.5.2 Cabina O&M

La cabina O&M è anch’essa costituita da un prefabbricato in cemento armato di dimensioni pari a 4,5 x 2,2 m con un’altezza dal piano di calpestio di 2,58 m. La stessa è posata su una fondazione a vasca in cemento armato avente dimensioni superficiali pari a quelle della struttura sovrastante per una profondità di 0,65 m.

La cabina è costituita da un unico locale, con accesso dall’esterno della struttura costituito da una porta a due ante in vetroresina.

In Figura 4.9 ne è mostrata una vista in pianta.

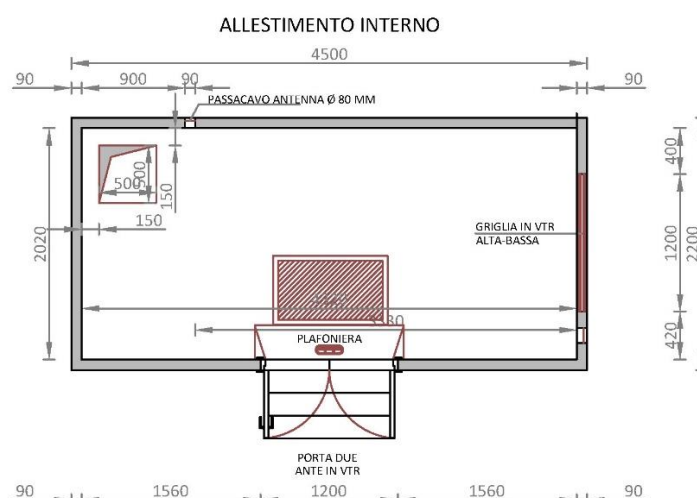



Figura 4.9: Vista in pianta della cabina O&M

Nel locale, dalla superficie interna utile di circa 9 m<sup>2</sup>, sono contenute tutte le apparecchiature elettroniche e tecnologiche per la gestione, il controllo e la videosorveglianza dell’intero impianto.

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 21 / 35
		Numero Revisione
		00

## 5 Architettura del sistema di connessione alla rete

Per lo schema unifilare dell'impianto in oggetto, si faccia riferimento all'elaborato 046 allegato e parte integrante della documentazione progettuale.

L'impianto è costituito dai seguenti elementi principali:

- dispositivo di generatore: separa il sistema di generazione dal resto dell'impianto utente;
- dispositivo di interfaccia: separa l'intero impianto di produzione dalla rete pubblica;
- dispositivo generale: separa l'intero impianto del cliente dalla rete pubblica;
- dispositivo di misura: gestisce la misurazione dell'energia immessa sulla rete di distribuzione.

La protezione di interfaccia, agendo sul dispositivo di interfaccia, dovrà disconnettere l'impianto di produzione dalla rete pubblica nei seguenti casi:

- manovre automatiche o manuali di interruttori dell'ente distributore, comprese le richiuse automatiche sulla rete AT;
- alimentazione della rete pubblica solo da parte del cliente produttore dopo l'apertura degli interruttori dell'ente distributore.

Vista la configurazione ad antenna dei vari sottocampi costituenti l'impianto, sarà presente un dispositivo generale di linea per ogni sottocampo, collocato all'interno della cabina utente. Saranno poi installati sistemi di protezione di interfaccia in ogni cabina di conversione e trasformazione.

Nel caso dell'impianto in oggetto, sono installati due differenti tipologie di misuratori di energia elettrica:


- misuratori dell'energia totale prodotta dal sistema fotovoltaico, forniti e posati a cura dell'installatore dell'impianto, posti nei locali accessibili all'utente;
- misuratore di energia elettrica, con visualizzazione della quantità di energia ceduta alla rete elettrica esterna.

L'impianto di produzione sarà connesso alla rete di trasmissione nazionale in antenna a 36kV alla nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV, la quale sarà inserita in entra – esce sulla RTN a 380 kV “Portomaggiore – Bando” e alla linea RTN a 380 k V “Ferrara Focomorto – Ravenna Canala”. Dato il tracciato della linea di interconnessione dell'impianto con il punto designato per la realizzazione della nuova SE, sono previste varie condizioni di posa, ed in particolare:

- posa interrata su strada pubblica, per le tratte che interessano la viabilità sia con fondo sterrato che con fondo asfaltato;
- posa interrata mediante TOC, per le tratte in corrispondenza di attraversamenti stradali con ponti;
- posa interrata mediante TOC, per l'attraversamento in subalveo di fiumi, torrenti e canali presenti lungo il tracciato.

### 5.1 Realizzazione delle linee elettriche

Mentre i cablaggi di collegamento dei moduli saranno realizzati a vista, posati su canalizzazioni metalliche di idonea resistenza meccanica, quelli delle linee che collegano le singole stringhe agli string box e questi ultimi con le cabine di conversione e trasformazione avverrà mediante cavidotti

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 22 / 35
		Numero Revisione
		00

interrati. Anche tutta la distribuzione che dalle cabine si dirama alle restanti parti di impianto, sarà caratterizzata da posa interrata.

I cavidotti interrati sono realizzati con tubazioni in polietilene ad alta densità costituito da due tubolari in polietilene co-estrusi e sagomati in modo che la parete interna resti continua e liscia mentre quella esterna assuma la tipica corrugazione necessaria a conferire al manufatto una adeguata resistenza strutturale. Tali tubazioni sono appositamente studiate per la protezione dei cavi elettrici e conformi alle normative CEI EN 50086-1 (CEI 23-39) e CEI EN 50086-2-4/A1 (CEI 23-46-V1). Il cavidotto ha una resistenza allo schiacciamento superiore a 450 N con una deformazione del diametro interno pari al 5%. I cavidotti sono raccordati tra loro per il tramite di manicotti di giunzione realizzati in plastica rigida. La posa di tali tubazioni è effettuata all'interno di scavi aventi una profondità variabile da circa 60 cm nel caso delle linee in corrente continua e quelle in bassa tensione, a circa 100 cm per le linee MT, posando le canalizzazioni su letto di inerte con granulometria fine.

Al fine di consentire una corretta nonché facile installazione dei cavi elettrici all'interno delle suddette tubazioni risulta necessaria anche la posa di pozzetti di manovra in calcestruzzo precompresso di varie dimensioni in funzione del numero totale dei cavidotti ad essi confluenti; la distanza massima tra un pozzetto ed un altro deve essere non superiore a 50 metri.

Lungo il tracciato dei cavi, ad una profondità di circa 40 cm dal piano di calpestio, sarà posato un nastro monitor in polietilene, così come previsto dalle norme di sicurezza.

### ***Cablaggi***

I cavi utilizzati per la distribuzione dell'energia elettrica, in conformità alle norme CEI, presentano le seguenti specifiche:

- Cavi multipolari per i circuiti di potenza;
- Cavi autoestinguenti e non propaganti l'incendio;
- Estremità dei cavi con capicorda e morsetti standard di sezione adeguata al cavo.


Le tipologie di cavi utilizzate sono le seguenti:

- H1Z2Z2-K
- NA2XH
- RG16OR16
- RG7H17R
- RE4H5E.

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti sono scelte in maniera tale da assicurare sia una durata di vita dei conduttori e degli isolamenti soddisfacente, essendo questi sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente in condizioni ordinarie di esercizio, sia una caduta di tensione adeguata alla singola tratta considerata. La corrente massima ammissibile in condizioni di regime di un cavo, definita come portata del cavo stesso, è calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore massimo di temperatura indicato, per ciascun tipo di isolante, nella Tab. 52D della Norma CEI 64-8.

Le portate in regime permanente relative alle condutture elettriche installate sono verificate secondo le tabelle CEI-UNEL 35024, applicando ai valori individuati opportuni coefficienti di riduzione dipendenti dalle specifiche condizioni di posa nonché dalla temperatura ambiente. Nel caso in cui i cavi presentino diverse modalità di posa, è effettuata la verifica per la condizione di posa più gravosa.



	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 23 / 35
		Numero Revisione
		00

Oltre alla verifica termica, è effettuata la verifica elettrica delle sezioni dei cavi, ovvero è verificata la caduta di tensione alla corrente di normale utilizzo, secondo quanto riportato nelle Norme CEI 64-8 per le sezioni di impianto in bassa tensione.

In base alle scelte fatte per le sezioni S dei conduttori di potenza, sono dimensionate le sezioni minime dei conduttori di protezione  $S_p$  rispettando le indicazioni presenti nelle norme internazionali IEC 60364-7-712.

### Condizioni di posa

Le condizioni di posa dei cavidotti bt e AT sono di diverse tipologie, in funzione del livello di tensione dei cavidotti, della tipologia di terreno interessato e dalle interferenze con eventuali corsi d'acqua o elementi impiantistici preesistenti di varia natura (metanodotti, fognature, fossati, ecc.).

In Figura 5.1 sono mostrate le principali tipologie di posa dei cavidotti bt utilizzati all'interno dell'impianto.

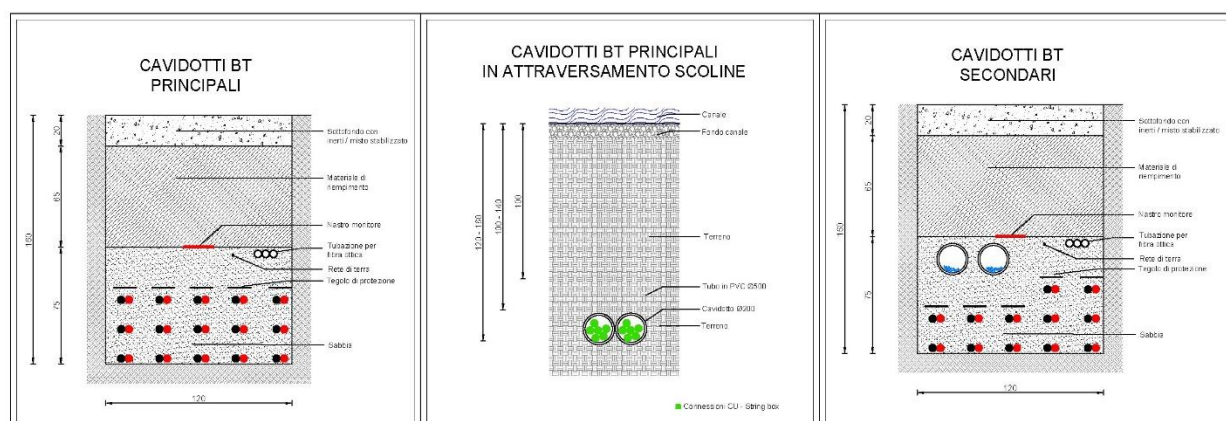


Figura 5.1: Condizioni di posa cavidotti bt

In Figura 5.2 e 5.3 sono mostrate le principali tipologie di posa dei cavidotti AT utilizzati per la distribuzione interna all'area di impianto.

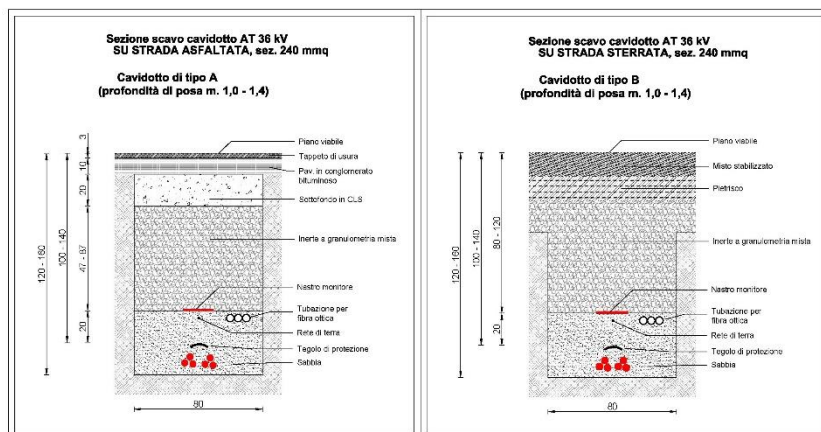


Figura 5.2: Condizioni di posa cavidotti AT interni all'area di impianto (Tipo A-B)

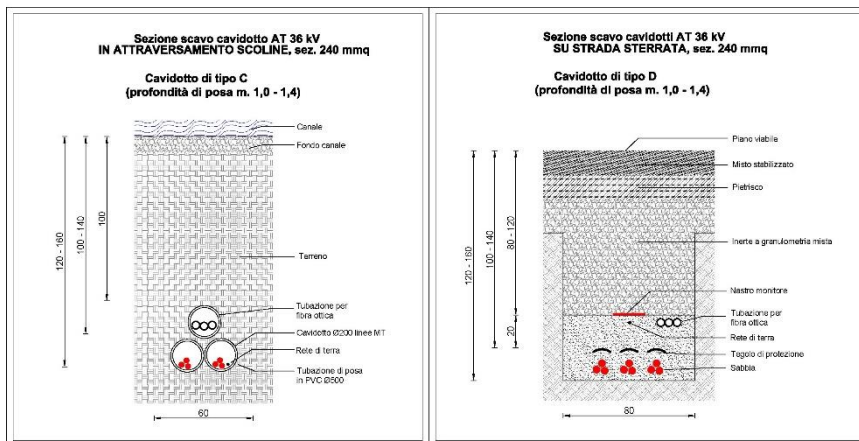


Figura 5.3: Condizioni di posa cavidotti AT interni all'area di impianto (Tipo C-D)

In Figura 5.4 sono mostrate le principali tipologie di posa del cavidotto AT utilizzato per l'interconnessione dell'impianto con il punto di connessione a 36 kV della nuova SE.

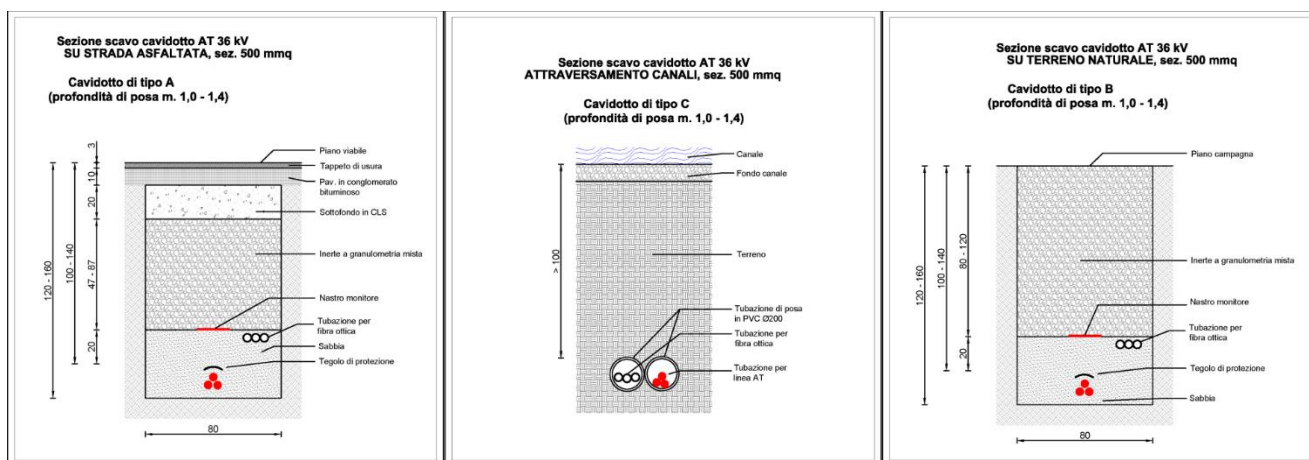


Figura 5.4: Condizioni di posa cavidotti AT di interconnessione impianto;



## 6 Stima di produzione elettrica da fonte fotovoltaica

La potenza  $P_{STC}$  generata alle condizioni Standard (irraggiamento dei moduli pari a  $1000 \text{ W/m}^2$ , temperatura ambiente pari a  $25^\circ\text{C}$ ) risulta essere, per l'intero lotto di impianti:

$$P_{STC} = P_{MODULO} \times N^{\circ}_{MODULI} = (690 \times 36.204) \text{ Wp} = 24.980,76 \text{ kWp}.$$

Effettuando, mediante software dedicati, una simulazione della produzione annua di energia elettrica dell'impianto, si ottiene un valore medio annuo stimato di energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico in oggetto pari a circa 42.000 MWh/anno. Di seguito è riportato un report dei risultati di calcolo della producibilità d'impianto.

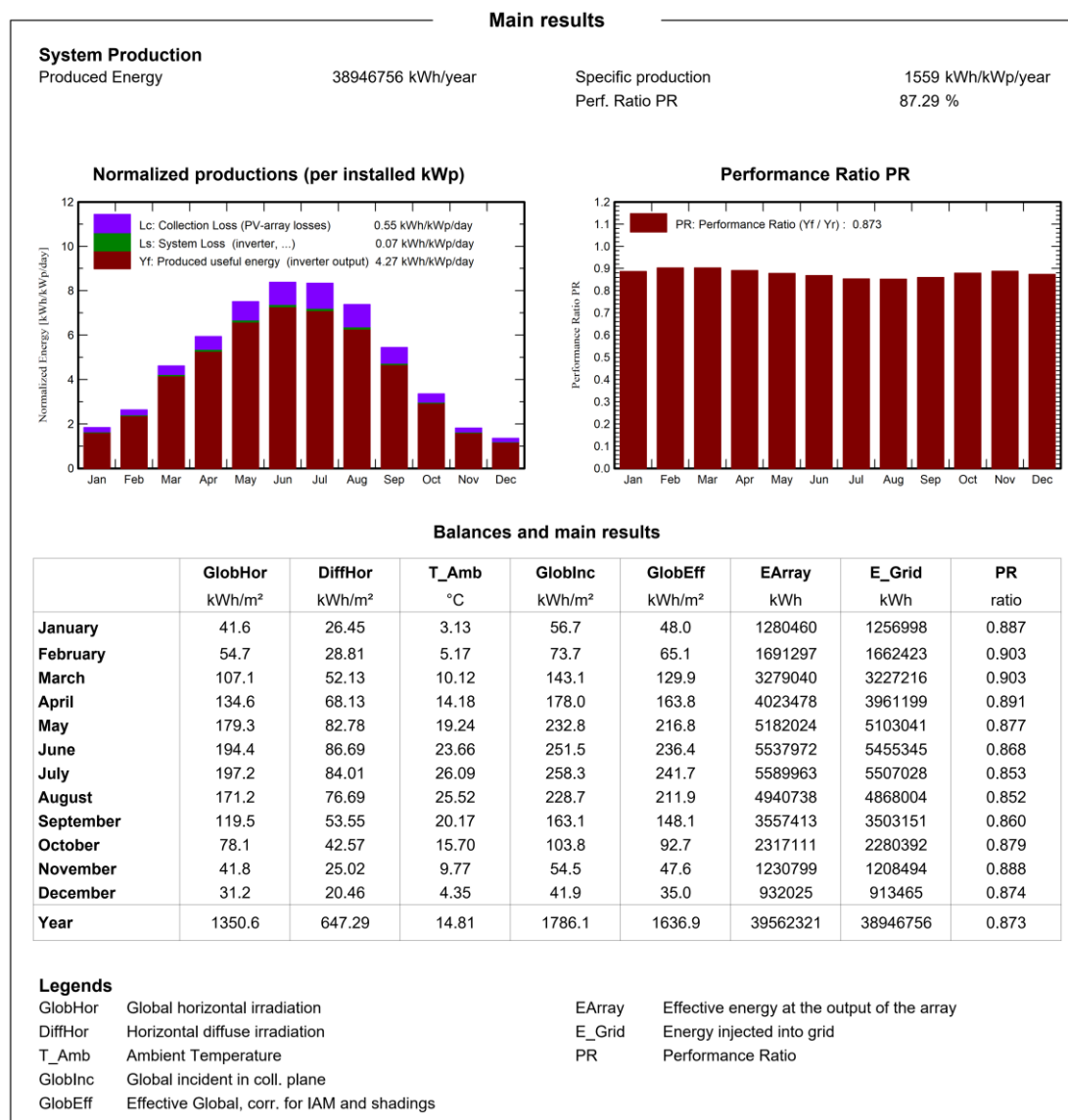



Figura 6.1: Estratto simulazione producibilità impianto.

	ID Documento Committente	Pagina 26 / 35
	<b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Numero Revisione
		00

## 7 Opere accessorie

### 7.1 Recinzione perimetrale

La recinzione perimetrale, come riportato negli elaborati grafici, è realizzata mediante la posa di paletti in acciaio zincato, verniciati di colore verde, ancorati nel terreno a mezzo di idonea opera di fondazione in cls (che, ad ogni modo, essendo di esigue dimensioni può essere facilmente rimossa senza alterazioni permanenti del terreno). I suddetti paletti, aventi una altezza complessiva di 3000 mm, sono posizionati nel terreno ad una profondità di circa 950 mm e posti a distanza reciproca di 3000 mm. A tali paletti è direttamente ancorata, mediante adeguati organi di aggancio, una rete metallica plastificata con maglia 50 x 50 mm posta ad una altezza dal suolo di circa 100 mm al fine di agevolare il passaggio della microfauna.

In Figura 7.1 sono riportati i dettagli costruttivi della recinzione perimetrale.

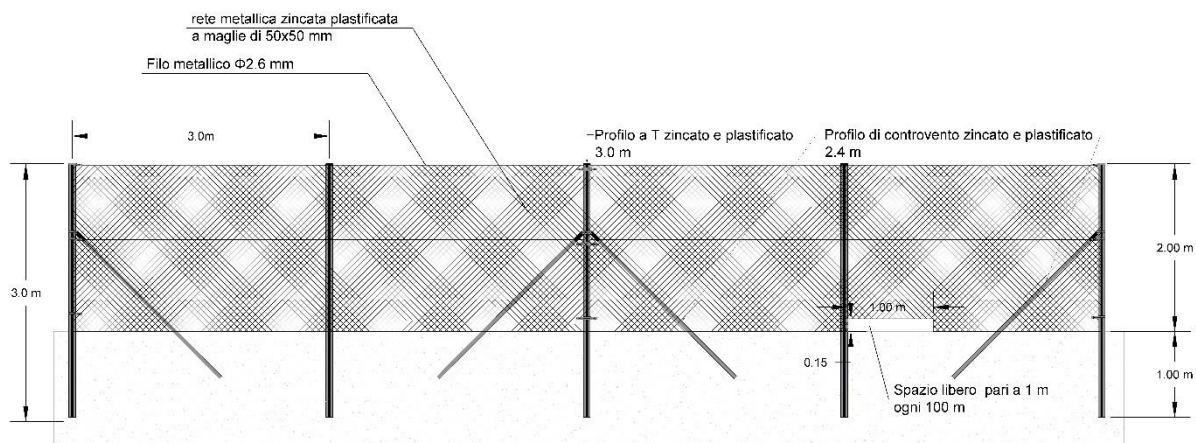


Figura 7.1: Dettagli costruttivi della recinzione perimetrale

### 7.2 Cancelli d'accesso

I cancelli d'ingresso sono realizzati in acciaio zincato a caldo e sorretti da pilastri in scatolare metallico opportunamente dimensionati e direttamente fissati nel terreno ad una profondità variabile in funzione del peso del cancello.

In Figura 7.2 sono riportati i dettagli costruttivi della recinzione perimetrale.

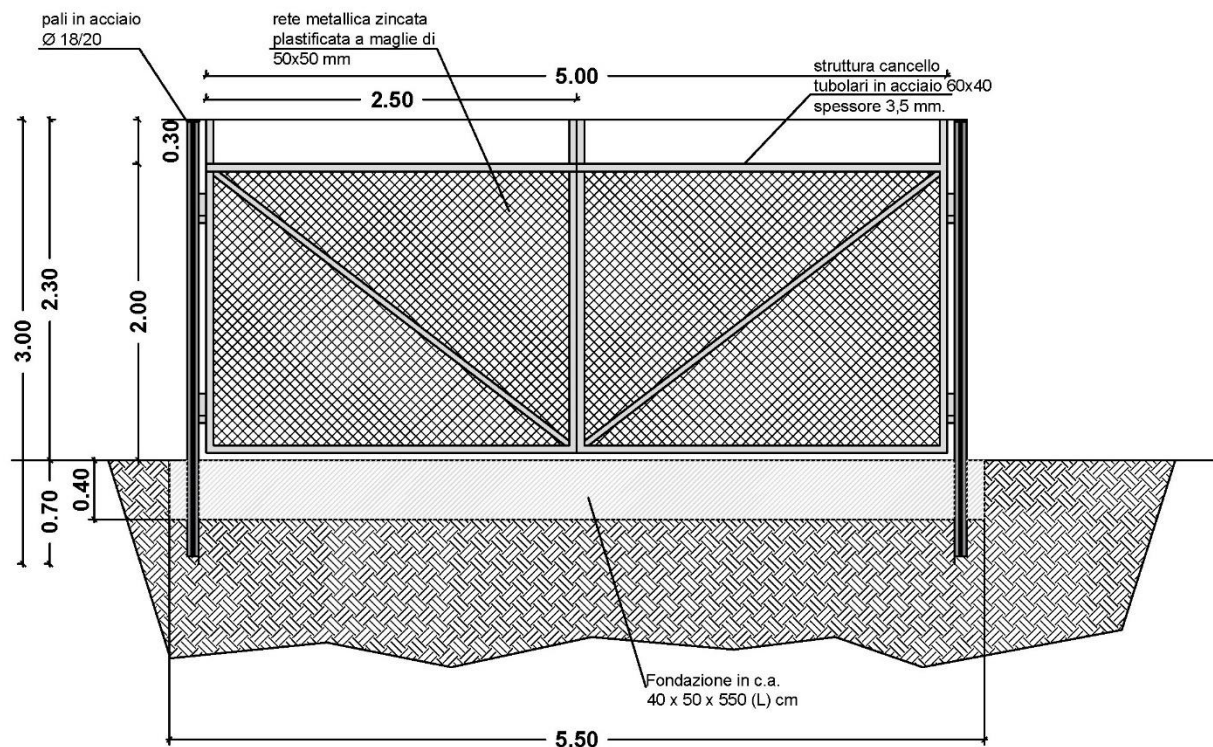


Figura 7.2: Dettagli costruttivi dei cancelli di ingresso


### 7.3 Viabilità interna

In corrispondenza delle cabine di campo saranno realizzati dei piazzali a servizio delle stesse, sagomati secondo le pendenze di progetto e di dimensioni idonee a garantire la manovra degli automezzi di servizio. Nel caso in progetto, sono state dimensionate strade di larghezza pari a 5 m con raggio di curvatura minimo pari a 12 m.

La viabilità interna e i piazzali saranno realizzati nelle modalità di seguito indicate:

- Posa di geotessuto posto in opera sopra il terreno precedentemente modellato e compattato;
- Posa di strato di fondazione di spessore pari ad almeno 20 cm composto da materiale anidro, stabilizzato granulometricamente a legante naturale costituito da spezzato di cava, macadam con pezzatura 60-80 mm;
- Posa di strato di base di spessore pari ad almeno 15 cm composto da materiale anidro, stabilizzato granulometricamente a legante naturale, costituito da pietrisco con pezzatura 40-50 mm;
- Posa di strato di usura di spessore pari ad almeno 15 cm composto da materiale anidro, stabilizzato granulometricamente a legante naturale, costituito da misto stabilizzato con pezzatura 0-30.

Non si rendono necessarie opere di drenaggio delle acque superficiali in quanto non sono previste aree impermeabilizzate sull'area di impianto, ad eccezione delle cunette di raccolta delle acque al lato della viabilità interna al fine di evitare il ristagno delle acque lungo le vie di passaggio.

	ID Documento Committente	Pagina 28 / 35
		Numero Revisione
	CoD084_FV_00004_BGR	
		00

In

Figura 7.3 sono riportati i dettagli costruttivi delle strade progettate per la viabilità interna.

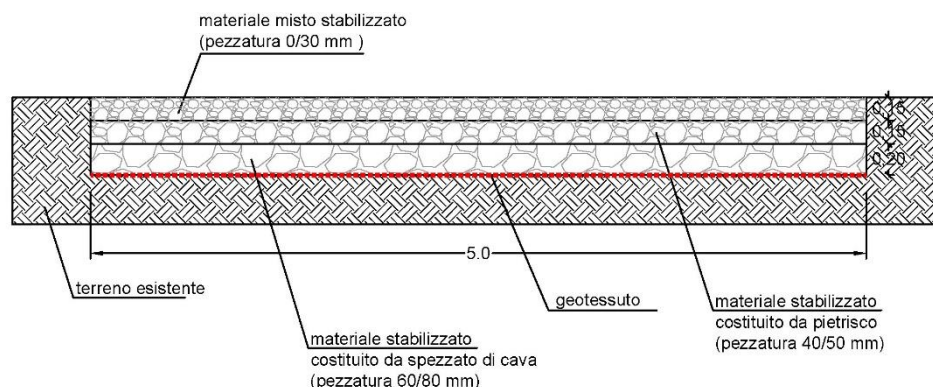


Figura 7.3: Dettaglio costruttivo delle strade per la viabilità interna

## 7.4 Sistema SCADA

L'impianto sarà dotato di un sistema SCADA per la gestione, acquisizione, controllo e monitoraggio dei dati dell'intero impianto fotovoltaico, sia da postazione locale che da postazione remota. La progettazione dovrà soddisfare in primo luogo i requisiti di monitoraggio e di identificazione di guasto o malfunzionamenti che potrebbero portare al fuori servizio dell'intero impianto, o parte di questo con conseguente perdita di produzione.


Il Sistema dovrà essere progettato per una valutazione puntuale e costante della condizione dell'impianto, in accordo allo standard IEC 61724, al fine di rilevare deviazioni dai valori ottimali di produzione di energia dell'impianto fotovoltaico. Il sistema sarà dotato di funzionalità di data logging in maniera tale da poter archiviare i dati rilevati.

Il sistema SCADA sarà composto da:

- Stazione per l'Operatore con interfaccia HMI;
- Server di tipo industriale;
- Sistemi e apparati di comunicazione elettronica (server, web-server, gateways, switch programmati, ecc.);
- Controller (PLC/RTU) compatibili con i sistemi di monitoraggio remoto;
- Cablaggio per l'interconnessione delle parti di impianto;

L'interfaccia dovrà essere costituita da dispositivi di campo, consistenti in schede elettroniche di acquisizione dati (input) installate nelle string box, nelle unità di controllo dei tracker (ove presenti), inverter, pannelli di controllo e unità di controllo dei dati ambientali.

I bus di comunicazione saranno di tipo seriale. La comunicazione tra i nodi principali del sistema SCADA (switch e main switch) sarà realizzata mediante collegamenti in fibra ottica. Nei nodi terminali saranno utilizzati collegamenti mediante cavi Ethernet in rame.

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 29 / 35
		Numero Revisione
		00

Il sistema SCADA dovrà monitorare/controllare i parametri dell'impianto relativi alle Conversion Unit, alla Cabina di raccolta MT e alla Sottostazione elettrica d'utenza attraverso l'acquisizione di dati in tempo reale, storicizzazione dei dati e valutazione delle performance in conformità con le norme IEC 61724 e la CEI 82-25. Le principali funzionalità di tale sistema saranno:

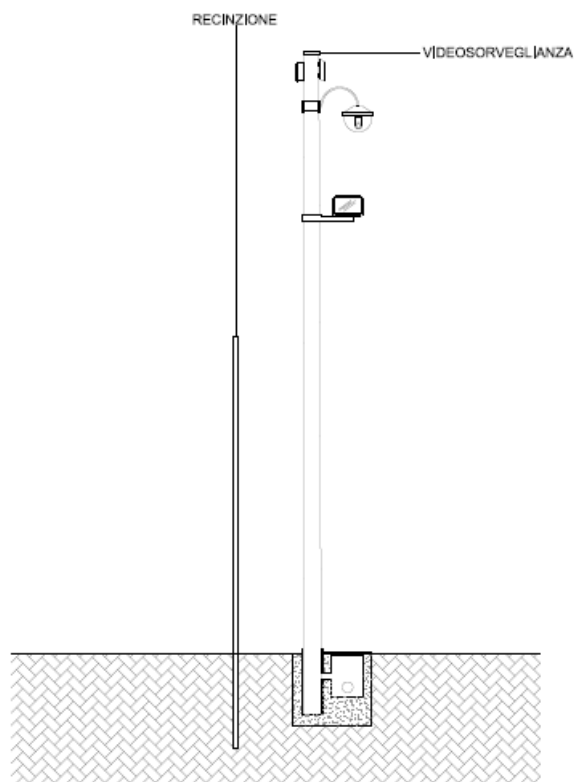
- Monitoraggio stringhe;
- Monitoraggio inverters;
- Monitoraggio trasformatori AT/BT;
- Monitoraggio apparecchiature elettromeccaniche AT e bt;
- Misurazione energia;
- Rilevazione allarmi;
- Misure dei parametri ambientali;
- Interfacciamento con sistemi di rilevazione incendi;
- Interfacciamento con Impianti di videosorveglianza e antintrusione;
- Monitoraggio UPS;
- Monitoraggio Gruppo Elettrogeno;
- Monitoraggio e controllo Sistema HVAC;
- Monitoraggio Trackers.

## 7.5 Sistemi di allarme e videosorveglianza


Al fine di videosorvegliare gli impianti e di ridurre il verificarsi di atti vandalici indesiderati, saranno inoltre installati impianti di videosorveglianza ed allarme.

In Figura 7.4 sono mostrati i dettagli del posizionamento dei dispositivi utilizzati per l'impianto di videosorveglianza.





*Figura 7.4: Posizionamento dei dispositivi dell'impianto di videosorveglianza*

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 31 / 35
		Numero Revisione
		00

## 8 Calcoli e verifiche di progetto

### 8.1 Variazione della tensione lato dc con la temperatura

Prima di dimensionare le linee elettriche di collegamento tra le stringhe fotovoltaiche e gli inverter, è necessario verificare che il loro collegamento sia realizzabile, ovvero che i valori assunti dalle grandezze elettriche delle stringhe in funzione della temperatura di esercizio e quelli caratteristici della sezione di ingresso dell'inverter siano compatibili. È pertanto necessario valutare le condizioni di compatibilità seguenti:

- $V_{mmin} \geq V_{inv MPPT min}$
- $V_{mmax} \leq V_{inv MPPT max}$
- $V_{ocmax} < V_{invmax}$

Nelle relazioni precedenti  $V_{inv MPPT min}$  e  $V_{inv MPPT max}$  rappresentano rispettivamente i valori minimo e massimo del range di tensione in ingresso lato dc che consentono il corretto funzionamento del controllo MPPT, mentre  $V_{invmax}$  è il valore di tensione dc massimo ammissibile in corrispondenza dei morsetti dell'inverter.

Al fine di determinare i valori di tensione di funzionamento del modulo fotovoltaico e effettuare le verifiche sopra citate, si considera un coefficiente di variazione dei parametri di tensione del modulo fotovoltaico in funzione della temperatura pari a  $-0,25\%/^{\circ}C$  (cfr. dati moduli in RTG) e un range di temperatura tra  $-10^{\circ}C$  e  $+80^{\circ}C$ .

### 8.2 Dimensionamento dei cavi

Per la determinazione della sezione dei cavi sono utilizzati i metodi previsti dalla normativa. In particolare, è utilizzato il criterio termico per la determinazione della sezione necessaria al fine di evitare il surriscaldamento dell'isolamento dei cavi e successivamente è effettuata la verifica della stessa sezione con il criterio elettrico, ovvero valutando la caduta di tensione lungo la linea e confrontando il risultato ottenuto con i limiti imposti dalla normativa di riferimento.

Per la determinazione della sezione mediante l'utilizzo del criterio termico è considerata transitante la corrente di impiego  $I_b$  determinata dalle caratteristiche dell'utenza elettrica al quale è connessa la linea della quale si sta calcolando la sezione. Essa è confrontata con la portata  $I_z$  dei cavi commercialmente disponibili tenendo conto anche di opportuni fattori di correzione dipendenti dalle caratteristiche di posa del cavo, dalla presenza di altre linee, dalla temperatura ambiente, dal tipo di isolante con il quale è realizzato il cavo.

La sezione scelta è quella minima commercialmente disponibile che soddisfa la relazione


$$I_b \leq k I_z$$

con  $k$  fattore inferiore o al massimo uguale all'unità che tiene conto di tutti i parametri di riduzione della portata precedentemente citati.

### 8.3 Verifica della caduta di tensione

Il calcolo della caduta di tensione per ciascuna linea di alimentazione è effettuato utilizzando la formula:

$$\Delta V = \frac{I_n \cdot k \cdot L \cdot R}{1000} \cdot \cos \varphi$$

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 32 / 35
		Numero Revisione
		00

In essa,  $I_n$  è la corrente, espressa in Ampere, transitante nella linea,  $L$  è la lunghezza della stessa espressa in metri,  $R$  è la resistenza specifica del materiale conduttore in  $m\Omega/m$ , mentre  $k$  è un fattore che tiene conto della tipologia di sistema nel quale è installata la linea ed è pari a 1,73 per circuiti trifase e a 2 per circuiti monofase. Nel calcolo, il fattore di potenza è stato considerato di valore unitario.

Per i dati relativi ai cavi in rame si è fatto riferimento alle tabelle CEI-Unel 35364, 35747 e 35756.

Quale parametro di dimensionamento in fase di calcolo è stato fissato che la caduta di tensione lungo le linee elettriche non deve eccedere in alcun caso il valore limite del 3% indicato nella norma CEI 64-8/5.

#### 8.4 Protezione dalle sovracorrenti

Le sezioni dei cavi con i quali realizzare i collegamenti elettrici tra le parti di impianto sono scelte in maniera tale da assicurare una durata di vita utile dei cavi stessi. Per tale calcolo è considerata la corrente che attraversa i singoli cavi in condizioni normali di funzionamento dell'impianto, individuando quella che è la corrente di impiego delle linee elettriche e la conseguente portata dei cavi che consente di garantire il buon funzionamento e la vita utile desiderata dei collegamenti.

Tuttavia, al fine di garantire la corretta protezione delle condutture elettriche, è necessario provvedere all'installazione di opportuni dispositivi di protezione tarati in maniera tale da isolare la conduttura se questa è attraversata da una corrente superiore alla sua portata di dimensionamento.

In base alla norma CEI 64-8/4, la scelta dei dispositivi di protezione contro le sovracorrenti deve essere attuata considerando sia la protezione dal sovraccarico e la protezione dal corto circuito. Per quanto riguarda la prima, essa è garantita se sono verificate le condizioni seguenti:


- $I_B \leq I_N \leq I_z$
- $I_f \leq 1,45 I_z$

dove  $I_B$  rappresenta la corrente di impiego caratteristica dell'utenza elettrica,  $I_N$  la corrente nominale del dispositivo di protezione,  $I_z$  la portata della linea e  $I_f$  la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Per quanto riguarda, invece, la protezione contro il corto circuito, essa è considerata garantita se il dispositivo di protezione installato (che può o meno coincidere con il dispositivo destinato alla protezione dal sovraccarico) risulta possedere un potere di interruzione pari o superiore al valore della corrente di corto circuito nel punto di installazione dello stesso. Esso deve essere dotato, inoltre, di un dispositivo in grado di rilevare la presenza di una corrente di corto circuito.

Per quanto riguarda la sezione di impianto esercita in corrente continua, dato il limitato valore della corrente erogata dal generatore fotovoltaico ed essendo gli inverter unidirezionali (ovvero consentono il passaggio del flusso di potenza esclusivamente dal lato dc verso il lato ac), è possibile, in base a quanto previsto dalla norma CEI 64/8-4 art. 436, non installare dispositivi di protezione a patto di dimensionare i cavi in maniera tale che la propria portata superi il valore della corrente di corto circuito erogata dal generatore fotovoltaico. Tuttavia, è comunque installato un sezionatore dc in ogni string box, oltre a quello interno all'inverter, così da consentire il sezionamento parziale dell'impianto in caso di guasti.



	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 33 / 35
		Numero Revisione
		00

## 9 Sistemi di protezione elettrica

Come accennato in precedenza, per quanto riguarda i sistemi di protezione elettrica necessari per una sicura e corretta connessione alla rete di distribuzione locale, nella cabina di consegna è installato un interruttore-sezionatore in alta tensione con la funzione di dispositivo generale (DG), mentre nella cabina utente è installato il dispositivo di interfaccia (DDI) previsti dalla norma CEI 0-16.

Il controllo del precedente apparecchio di manovra è demandato alle protezioni generale e di interfaccia indicate dalla stessa norma CEI 0-16.


Per quanto riguarda il DG, esso possiede le seguenti caratteristiche di intervento:

1. protezione di massima corrente (di fase), con tre soglie di intervento:
  - prima soglia per la rilevazione degli eventi di sovraccarico di piccola entità originati dall'impianto utente, indicata con  $I>$ ;
  - seconda soglia per la rilevazione degli eventi di cortocircuito polifase su impedenza, ovvero di sovraccarico di elevata entità, all'interno dell'impianto utente, indicata con  $I>>$ ;
  - terza soglia per la rilevazione degli eventi di cortocircuito polifase franco all'interno dell'impianto utente, indicata con  $I>>>$ ;
2. protezione di massima corrente omopolare, con una soglia di intervento per la rilevazione degli eventi di guasto doppio monofase a terra, con uno dei punti di guasto all'interno dell'impianto utente, indicata con  $I0>>$ ;
3. protezione direzionale di terra, inserita per la valutazione del superamento di determinati valori limite di tensione e corrente omopolari, nonché dell'angolo di fase tra corrente e tensione omopolari, sigla 67N; essa possiede due soglie di intervento:
  - prima soglia per la rilevazione degli eventi di guasto monofase a terra durante il funzionamento in regime di neutro isolato, indicata con 67N.S1;
  - seconda soglia per la rilevazione degli eventi di guasto monofase a terra durante il funzionamento in regime di neutro compensato, indicata con 67N.S2.

Il dispositivo di interfaccia (DDI), invece, ha lo scopo di separare dalla rete di distribuzione la sezione di impianto dell'utente attivo comprendente il generatore in caso si verificano sia guasti esterni alla rete dell'utente (dopo l'apertura dell'interruttore di CP in testa alla linea) che l'apertura dell'interruttore di CP in testa alla linea. Il suo funzionamento è gestito dalla protezione di interfaccia (PI).

La PI installata è dotata delle seguenti tipologie di protezioni:

- protezione di minima tensione [27];
- protezione di massima tensione [59];
- protezione di minima frequenza [81<];
- protezione di massima frequenza [81>];
- protezione di massima tensione omopolare [59N];
- protezione di massima corrente trifase a 4 soglie [50/51];
- protezione di massima corrente omopolare a 3 soglie [50N/51N].

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 34 / 35
		Numero Revisione
		00

## 9.1 Sistemi di supervisione e manutenzione

Il sistema di supervisione e monitoraggio dell'intero impianto è gestito mediante un sistema di gestione connesso alla rete ethernet. Esso rappresenta l'interfaccia tra i segnali provenienti sia dagli inverter che dalla stazione di monitoraggio meteo.

Con la struttura così realizzata sarà possibile collegarsi in tempo reale all'inverter, garantendo piena visibilità di tutti i principali parametri di funzionamento e consentendo il controllo di tutte le misure dell'energia elettrica prodotta dai singoli inverter nonché le eventuali anomalie delle apparecchiature e dei moduli fotovoltaici.

L'impianto di supervisione è in grado di fornire i dati al centro di controllo a distanza e comunicare le anomalie riscontrate sulle apparecchiature alla squadra di manutenzione al fine di permetterne l'intervento nel minor tempo possibile.

Per quanto riguarda la manutenzione, i moduli fotovoltaici richiedono una limitata attività di manutenzione programmata consistente esclusivamente nel lavaggio delle superfici vetrate con frequenza almeno semestrale. Per gli inverter, invece, al fine di evitare malfunzionamenti o fuoriscervizi, è consigliabile una periodica verifica delle funzionalità del sistema di conversione e della integrità delle connessioni dello stesso con gli altri elementi di impianto così da mantenere la massima efficienza di conversione. Le restanti principali apparecchiature elettromeccaniche non richiederanno particolari necessità di manutenzione programmata ed avranno scarsa probabilità di subire guasti.

L'affidabilità complessiva del sistema fotovoltaico e i ridotti tempi di intervento per eventuali riparazioni saranno fortemente dipendenti dalla efficienza del sistema di supervisione di cui sarà dotato il campo fotovoltaico.

L'attività di esercizio e manutenzione coinvolge personale addetto ad una mansione specifica, quale il lavaggio dei pannelli, il controllo e la manutenzione delle apparecchiature elettriche a servizio dell'impianto. Le opere di manutenzione dovranno essere realizzate con mezzi meccanici di piccola taglia gommati in grado di raggiungere tutte le parti d'impianto.


## 9.2 Impianto di terra

L'impianto di produzione in oggetto è dotato di idoneo impianto di terra avente lo scopo di proteggere gli apparati e gli operatori dell'impianto stesso dal verificarsi di situazioni pericolose dal punto di vista della sicurezza.

In particolare, il coordinamento con le protezioni elettromeccaniche per l'interruzione automatica dell'energia elettrica di alimentazione consente di ridurre il rischio conseguente al verificarsi di cedimenti di isolamento o altri fenomeni elettrici a livelli accettabili. Inoltre, la presenza delle connessioni all'impianto di terra consente di proteggere le apparecchiature da sovratensioni che potrebbero manifestarsi sia per cause atmosferiche che per manovre derivanti sugli impianti interconnessi.

L'impianto di terra si compone dei seguenti elementi:

- dispersori verticali a picchetto;
- dispersore orizzontale costituito da corda in rame nudo posata direttamente nel terreno sotteso all'area di installazione dell'impianto.
- conduttori di terra;
- nodi e collettori di terra;
- conduttori equipotenziali;

	ID Documento Committente <b>CoD084_FV_00004_BGR</b>	Pagina 35 / 35
		Numero Revisione
		00

- conduttori di protezione.

L'impianto di terra si estende in maniera tale da coprire tutti gli edifici e i luoghi di installazione delle componenti di impianto, garantendo la sicurezza operativa su tutta l'estensione dell'impianto stesso.

#### I tecnici

Arch. Gianluca Francavilla



Ing. Giuseppe Berardinelli



Ing. Luigi Fratianni

