



Regione  
Puglia



Provincia di  
Foggia



Comune di  
Foggia

Nome Progetto / Project Name

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Agrosolar 3", della potenza complessiva pari a 28,349 MWp e delle relative opere connesse, nel comune di Foggia.

Sviluppatore / Developer



**RENEWABLE CONSULTING S.R.L.**

Corso G. Matteotti, 65  
71017 - Torremaggiore (FG)  
P. IVA 02250560683  
info@renewableconsulting.eu  
www.renewableconsulting.eu

Committente

**PUGLIA AGROSOLAR 3 S.R.L.**

Piazza Walther von Vogelweide, 8  
39100 Bolzano  
P.IVA 03176980211  
REA BZ - 238504

Titolo documento / Document title

**RELAZIONE TECNICA IMPIANTI**

Tavola / Pannel

-

Codice elaborato / Code processed

**PA3\_REL\_FV\_IMP\_004**

N.	DATA REVISIONE	DESCRIZIONE REVISIONE	PREPARED	CHECKED	APPROVED
00	03/2024	PROGETTO PRELIMINARE			

Specialista / Specialist

ing. Pasquale De Bonis

Timbro e firma / Stamp and signature

Progettisti / Planner

**RENEWABLE CONSULTING S.R.L.**

Nome file	Dimensione cartiglio	Scala
PA3_REL_FV_IMP_004	A4	



## Sommario

1.1.	Generalità sull'intervento .....	3
1.2.	Criteri di progetto .....	3
1.3.	Outline generale del progetto elettrico .....	4
1.4.	Descrizione impianto .....	5
1.5.	Elementi principali .....	6
1.6.	Inverter .....	8
1.7.	Quadri di parallelo stringhe .....	10
1.8.	Strutture di sostegno moduli .....	11
1.9.	Documenti tecnici di riferimento .....	12
2.	<b>SISTEMA DI PROTEZIONE E CONTROLLO .....</b>	<b>13</b>
2.1.	Considerazioni preliminari .....	13
2.2.	Generatore .....	14
2.3.	Trasformatore di sottocampo .....	14
2.4.	Scomparti Arrivo linea e partenza .....	15
2.5.	Dimensionamento dei cavi in relazione alla potenza di corto circuito .....	15
2.6.	Dimensionamento dei cavi in relazione alla portata di corrente .....	16
2.7.	Protezioni della cabina di consegna .....	16
2.8.	Sistema di bilanciamento .....	17
3.	<b>SISTEMA DI SUPERVISIONE E CONTROLLO .....</b>	<b>18</b>
3.1.	Sistema di produzione e trasferimento fino al punto di consegna .....	18
3.2.	Telecontrollo della Sottostazione di consegna TERNA .....	18
3.3.	Parti comuni .....	19
3.4.	Tracciato .....	20
3.5.	Modalità di posa dei cavi .....	20
3.6.	Sistema generale di terra .....	22
4.	<b>LINEE COLLETTTRICI DI ENERGIA ELETTRICA .....</b>	<b>23</b>
4.1.	Scelta dei cavi .....	23



## 1. IMPIANTO DI GENERAZIONE

La presente relazione illustra gli aspetti tecnici preliminari di un impianto di generazione da fonte fotovoltaica da installare in provincia di Foggia ricadente in agro di Foggia. Le scelte progettuali rispondono alle prescrizioni generali di TERNA esposte nella norma CEI 0-16 e nel Codice di Rete (nel seguito: C.d.R.), cap. I. Dette scelte rappresentano inoltre consolidate necessità tecniche per una corretta esecuzione e gestione dell'opera.

### 1.1. Generalità sull'intervento

L'impianto di generazione in oggetto sarà composto da 41216 moduli fotovoltaici, della potenza unitaria di 690Wp cad.. **La potenza richiesta ai fini della connessione è pari a 27,10 MW**, mentre quella **nominale dell'impianto è pari a 28,439 MWp**, valore inteso come picco di prestazione dei generatori, variabile in diminuzione secondo le condizioni meteo.

I moduli saranno raggruppati secondo schema tipico in stringhe e sottocampi gestiti da inverter centralizzati e dal punto di vista della configurazione di rete elettrica collettiva i vari collegamenti ramificati in AT costituiscono un albero alla tensione nominale di 36 kV, confluyente in un unico collegamento che realizza la connessione in elettrodotto interrato come montante fino al punto di connessione individuato su futuro ampliamento della SE 380/150kV della RTN di MANFREDONIA.

### 1.2. Criteri di progetto

Lo studio del trasporto dell'energia fino alla stazione di smistamento è stato ispirato a criteri di massima sicurezza e minimo impatto ambientale. La centrale è un impianto di generazione dell'energia elettrica di potenza nominale complessiva 28,439 MWp ed è ubicato in diverse aree adiacenti. L'energia prodotta da ciascun sottocampo in bassa tensione viene elevata alla tensione di 36 kV dai trasformatori distribuiti in campo, e trasportata alla cabina di consegna. Dal punto di vista della topologia della rete elettrica



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

collettrice, il collegamento tra la cabina di consegna e la SE costituirà un collegamento in antenna su rete AT alla tensione nominale di 36 kV, dalla lunghezza stimata di 6 km circa, interrato in massima parte ed in banchina lungo la SP80 verso Sud e lungo la SP70 verso Est. Esso avrà il compito di realizzare la connessione del parco fotovoltaico allo stallo 36kV della stazione di trasformazione 380/150 kV denominata Macchiarotonda, la cui nuova realizzazione è prevista in località "Macchiarotonda" alle coordinate **40,450557"N 15.753617"E**. Tutte le opere elettriche saranno realizzate nel rispetto delle norme di legge, in conformità del Codice di Rete TERNA, delle norme CEI applicabili. Particolare attenzione è posta alla verifica delle possibili esposizioni delle persone alle radiazioni elettromagnetiche dovute agli elettrodotti, assicurandosi che tali emissioni siano al di sotto del valore di sicurezza di 10  $\mu$ T per le aree normalmente disabitate ed al valore di 3  $\mu$ T, fissato come obiettivo di qualità, per i luoghi normalmente (leggasi oltre 4h/g pro capite) abitati.

### 1.3. Outline generale del progetto elettrico

In sito è previsto un albero di collettamento via cavo interrato, i cui nodi sono in corrispondenza dei quadri elettrici ad Alta Tensione con funzioni di sezionamento e protezione individuale di ogni skid/trafo di sottocampo. Le sezioni dei cavi di collegamento sono gradatamente crescenti sia per l'aumento della corrente in normali condizioni di esercizio, sia per l'aumento graduale della potenza di corto circuito avvicinandosi in termini di impedenza, alla Rete di Trasmissione Nazionale (di seguito RTN). Strutture, impianti ed accessori, inclusi quelle che rimarranno di proprietà e responsabilità dell'utente, saranno conformi alle prescrizioni TERNA applicabili ai circuiti principali (cfr. C.d.R.) ed E-DISTRIBUZIONE per i circuiti ausiliari (cfr. "Guida alla connessione in rete"). Per quel che riguarda i cavi, il criterio vincolante nella scelta delle sezioni è quello della corrente di corto circuito per il tempo presunto di apertura degli interruttori in condizioni adiabatiche, quali sono quelle di un cavo interrato.



## **1.4. Descrizione impianto**

L'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica oggetto della presente relazione tecnico-descrittiva avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza installata lato DC: 28,439 MWp;
- potenza dei singoli moduli: 690 Wp;
- n. 14 inverter per la trasformazione DC/AC
- n. 9 cabine di conversione e trasformazione dell'energia elettrica;
- n. 2 cabine di smistamento;
- n. 1 cabina di raccolta;
- rete elettrica interna a 1500 Vdc tra i moduli fotovoltaici, e gli inverter centralizzati
- rete elettrica interna a 36 kV per il collegamento in entra-esce tra le varie cabine di trasformazione, e con le cabine di raccolta e monitoraggio;
- rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (controllo, illuminazione, forza motrice, ecc...);
- rete elettrica esterna a 36 kV dalla cabina di consegna allo stallo in SE;
- rete di trasmissione dati interna di monitoraggio per il controllo dell'impianto fotovoltaico;

Nel complesso l'intervento di realizzazione dell'impianto fotovoltaico conterà delle seguenti opere:

- installazione dei moduli fotovoltaici;
- installazione delle cabine di trasformazione
- installazione delle cabine di smistamento e della cabina di raccolta;
- realizzazione dei collegamenti elettrici di campo;
- realizzazione della viabilità interna;
- realizzazione del cavidotto AT;



## 1.5. Elementi principali

L'elemento cardine di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica, è la cella fotovoltaica (di cui si compongono i moduli fotovoltaici), che grazie al materiale semiconduttore di cui è composta, trasforma l'energia luminosa derivante dal sole in corrente elettrica continua. Tale energia in corrente continua viene poi convertita in corrente alternata e può essere utilizzata direttamente dagli utenti, o immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale. I componenti principali dell'impianto fotovoltaico sono:

- i moduli fotovoltaici (costituiti dalle celle su descritte);
- i cavi elettrici di collegamento ed i quadri elettrici;
- gli inverter, dispositivi atti a trasformare la corrente elettrica continua generata dai moduli in corrente alternata;
- i contatori per misurare l'energia elettrica prodotta dall'impianto;
- i trasformatori AT/bt, dispositivi atti a trasformare la corrente alternata da bassa tensione ad alta tensione;
- i quadri di protezione e distribuzione in alta tensione;
- le cabine elettriche di conversione e trasformazione;
- gli elettrodotti in alta tensione;
- l'elettrodotto AT di collegamento alla stazione definita come punto di consegna.

Il progetto del presente impianto prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici con struttura mobile ad inseguitore solare monoassiale. Questa tecnologia consente, attraverso la variazione dell'orientamento dei moduli, di mantenere la superficie captante sempre perpendicolare ai raggi solari, mediante l'utilizzo di un'apposita struttura che, ruotando sul suo asse Nord-Sud, ne consente la movimentazione giornaliera da Est a Ovest, coprendo un angolo sotteso tra  $\pm 60^\circ$ .

L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da 41216 moduli fotovoltaici di nuova generazione in silicio monocristallino bifacciale di dimensioni pari a 2,384 x 1,303 m e potenza nominale pari a 690 Wp, suddivisi su 1472 stringhe da 28 moduli ognuna. Le celle fotovoltaiche di cui si compone ogni modulo sono protette verso l'esterno da un vetro temprato ad altissima trasparenza e da un foglio di tedlar, il tutto incapsulato sotto vuoto ad alta temperatura tra due fogli di EVA (Ethylene / Vinyl / Acetate). La



COMUNE DI FOGGIA

**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN**

**PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche**

scatola di giunzione, avente grado di protezione IP68, contiene i diodi di by-pass che garantiscono la protezione delle celle dal fenomeno di hot spot. Nella struttura ad inseguitore solare i moduli fotovoltaici sono fissati ad un telaio in acciaio, che ne forma il piano d'appoggio, a sua volta opportunamente incernierato ad un palo, anch'esso in acciaio, da infiggere direttamente nel terreno. Questa tipologia di struttura eviterà l'esecuzione di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, diminuendo drasticamente le modifiche subite dal suolo.

Le stringhe fotovoltaiche, derivanti dal collegamento dei moduli, saranno da 28 moduli; il collegamento elettrico tra i vari moduli avverrà direttamente sotto le strutture di sostegno dei pannelli con cavi esterni graffettati alle stesse. Ogni stringa, collegata in parallelo alle altre, costituirà un sottocampo.

Le strutture saranno disposte secondo file parallele, la cui distanza sarà di 5,5 m in modo che, nella situazione di massima inclinazione dell'inseguitore, l'ombra di una fila non lambisca la fila adiacente; avranno direzione longitudinale Nord-Sud, e trasversale (cioè secondo la rotazione del modulo) Est-Ovest. Il collegamento elettrico tra le strutture avverrà in tubo interrato.

Ogni sottocampo avrà un inverter con potenza variabili. Gli inverter convertiranno l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici da corrente continua in corrente alternata, che successivamente sarà trasformata da bassa ad alta tensione attraverso appositi trasformatori AT/BT ubicati per la maggior parte nella stessa power station dell'inverter. I trasformatori avranno potenze variabili da 1.5 a 4 MVA.

Saranno installate n. 8 cabine elettriche in modulo container, complete di inverter, trasformatori AT/BT e quadri di alta tensione, e posate su una base di materiale stabilizzato. Le cabine saranno internamente suddivise nei seguenti tre vani: il vano arrivo linee campo, in cui è alloggiato il quadro ingressi linee CC e l'inverter; il vano trasformazione, in cui è alloggiato il trasformatore AT/BT; il vano quadri di alta tensione, in cui sono alloggiati i quadri elettrici di alta tensione.

Esclusivamente nell'area 1/1 come individuato nel Layout di dettaglio saranno installati inverter di stringa della potenza di 180 kW ciascuno, aventi tensione di uscita trifase alternata 690V. Tali inverter nel numero di 6 convogliano l'energia nella cabina di trasformazione T1 costituita da manufatto prefabbricato, nella quale sarà alloggiato il quadro di bassa tensione ingresso linea inverter, il trasformatore AT/BT 36/0.69 kV in resina da 1,5MVA e le celle AT contenenti le protezioni necessarie.

L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico, uscente dalle cabine di trasformazione, sarà trasmessa alle cabine di smistamento o direttamente alla cabina di raccolta.



Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e le fulminazioni al quale saranno collegate tutte le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti elettrici di classe I. L'impianto sarà costituito da una maglia realizzata con conduttori nudi di rame a cui saranno collegati, mediante conduttori o sbarre di rame, i morsetti di terra dei vari apparecchi, i dispositivi di manovra ed i supporti dei terminali dei cavi. In prossimità di tali supporti sarà previsto un punto destinato alla messa a terra delle schermature dei cavi stessi. Una corda di terra in rame sarà posata anche nello scavo degli elettrodotti per collegare l'impianto di terra delle cabine con l'impianto di terra dell'impianto. L'impianto fotovoltaico così descritto sarà dotato di un sistema di gestione, controllo e monitoraggio, provvisto di un'interfaccia su PC, che sarà installato in un apposito vano della cabina di raccolta e monitoraggio e sarà collegato agli impianti di videosorveglianza, illuminazione, antintrusione, FM e illuminazione cabina di controllo.

È prevista, infine, la realizzazione di un ulteriore fabbricato destinato a control room provvisto di ufficio.

## 1.6. Inverter

Il gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata (o inverter) effettua la conversione della forma d'onda elettrica, da continua in alternata, trasferendo la potenza del generatore fotovoltaico alla rete del distributore.

Gli inverter scelti in progetto del produttore SMA sono elencati di seguito:

Modello	Tipo	Quantità
SC-4000 UP	Centralizzato	3
SC-2660 UP	Centralizzato	3
SC-2930 UP	Centralizzato	2
SHP 180-21	Di stringa	6



**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN**

COMUNE DI FOGGIA

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche



Gli inverter utilizzati sono in grado di seguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico sulla curva I-V caratteristica (funzione MPPT) e costruiscono l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, così da ottenere l'ampiezza delle armoniche entro valori stabiliti dalle norme. Tali inverter sono idonei a trasformare la corrente continua prodotta dalle celle solari in corrente alternata utilizzabile e compatibile con la rete, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di queste apparecchiature sono compatibili con quelli dei rispettivi campi fotovoltaici.

Il gruppo di conversione appena descritto è fornito già connesso ad un trasformatore, i cui valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

l'impianto, in questo caso quelli della rete RTN. In particolare, l'insieme dell'inverter, del trasformatore e delle apparecchiature di sezionamento e protezione fanno parte di un'unica soluzione integrata fornita dal produttore SMA che prende il nome di MV POWER STATION 3000/2200.



### 1.7. Quadri di parallelo stringhe

La realizzazione dell'impianto prevede l'installazione di quadri elettrici che effettuano il parallelo delle stringhe, ciascuno contenente le apparecchiature di manovra e protezione (sezionatori sotto carico, fusibili, scaricatori di tensione). Tale quadro, detto anche DC Combiner, ha la funzione di proteggere e sezionare le stringhe dei moduli installati e viene realizzato con grado di protezione non inferiore a IP54, adatto per essere posizionato all'esterno.



Come detto, i quadri sono posizionati all'esterno, in prossimità delle strutture di sostegno, in maniera baricentrica rispetto alle stringhe raccolte. Per l'impianto verranno utilizzati quadri da 32 ingressi ed in particolare sono previsti 5/4 quadri per ogni inverter.

### **1.8. Strutture di sostegno moduli**

La struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici sarà ad inseguitore solare monoassiale, anche denominato tracker .



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

Si tratta di una struttura a pali infissi, completamente adattabile alle dimensioni del pannello fotovoltaico, alle condizioni geotecniche del sito ed alla quantità di spazio di installazione disponibile.

La struttura di supporto sarà realizzata in acciaio da costruzione zincato a caldo e sarà progettata secondo gli Eurocodici.

Sarà installata su pali infissi; il profilo avrà sezione a C e sarà interrato direttamente nel suolo.

### **1.9. Documenti tecnici di riferimento**

Si fa riferimento alle norme CEI applicabili, eventualmente secondo unificazione europea ove esistente (CEI - CEI/EN) pertinenti per ciascuna tipologia. Le opere interconnesse direttamente con TERNA saranno eseguite nel rispetto del C.d.R. TERNA e dei rispettivi allegati applicabili, nonché norma CEI 0-16 e sue correlate.

Per le protezioni elettriche in ambiente 36 kV vale il documento di riferimento TERNA Allegato A.68 rev. 04 ("Criteri generali di connessione alle reti AT Sistemi di protezione regolazione e controllo").



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

## 2. SISTEMA DI PROTEZIONE E CONTROLLO

### 2.1. Considerazioni preliminari

Il sistema di protezioni sarà conforme alla norma CEI 11-32 per sistemi elettrici di III categoria e relativa variante V1 per gli impianti di produzione fotovoltaica, con i livelli di affidabilità che competono ad un sistema non presidiato ed ubicato in località poco accessibili.

Allo scopo sarà previsto un doppio livello di protezione: un sistema di gestione rete digitale interconnesso in fibra ottica per la selettività logica, ed una serie di protezioni tradizionali a relais elettronico quale back-up in caso di disservizio al sistema centrale.

Il sistema centralizzato utente, le cui unità principali saranno ubicate in apposito locale dedicato della cabina elettrica di trasformazione è dettagliato nella specifica tecnica allegata alla presente.

Le protezioni sono interfacciate con la rete mediante una serie di sensori che sono di tipo tradizionale, quindi costituite da TA, TV di tipo induttivo e/o capacitivo secondo necessità, sonde termometriche per i trasformatori e le macchine soggette a riscaldamento. Tali segnali saranno inviati sia a relais elettronici, installati in appositi scomparti del quadro a Media Tensione, sia alle unità terminali del sistema di gestione rete tramite fibra ottica

Dette unità periferiche, in grado di accogliere segnali digitali, analogici 4-20 mA, ottici, contatti puliti, saranno ubicate in ogni locale dotato di elementi sensibili del sistema, quali cabina di campo, cabina di trasformazione, cabina di consegna TERN. Per l'intero sistema i TA del sistema di protezioni saranno distinti da quelli di misura, avendo necessariamente prestazioni differenti, e per i quali saranno preferibilmente utilizzati toroidi a nucleo intero.

L'adozione di un sistema digitale di gestione della rete applica concetti di selettività logica ai sensori distribuiti, per cui il PLC del sistema gestirà dati e comandi in modo integrato e coordinato secondo i propri algoritmi di valutazione degli stati di rete e priorità degli interventi.

All'eventuale stato di avaria del gestore di rete (comunque realizzato con ampia ridondanza) sono chiamati a rispondere in logica di selettività tradizionale alcuni relais tradizionali che saranno comunque



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

installati sugli scomparti a A.T. a protezione delle funzioni più significative, quali corrente differenziale, corrente verso terra, primo guasto a terra per le parti esercite a neutro isolato, etc.

Si esaminano in dettaglio le protezioni previste per ogni singola unità

## 2.2. Generatore

La protezione del generatore effettuata in cabina di partenza campo comprenderà le protezioni preventive, atte a mantenere l'isolamento, quali:

- 32 ritorno di energia attiva dalla rete verso il generatore
- 59 massima tensione
- 46 squilibrio, ovvero circolazione di sequenza inversa.

Contro il guasto di dispersione sono previste misure classiche dirette, quali

- 64 circolazione di corrente verso terra verso terra
- 87 differenziale di corrente

Sono infine previste protezioni di ricalzo quali:

- 27, 59, 21 - minima tensione, massima corrente e loro combinazione ( min. impedenza)
- 81G - frequenza fuori range

## 2.3. Trasformatore di sottocampo

Il trasformatore di sottocampo si trova fra tre sorgenti di energia: il generatore, il tratto di rete verso la Periferia, quello verso terra. Sarà quindi necessario, per esercire correttamente le sconnessioni sotto guasto interno, poter aprire sia a monte che a valle, interfacciandosi opportunamente con gli altri interruttori che "vedono " direttamente il trasformatore.



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

Oltre ad essere protetto con differenziale di corrente (87) ed immagine termica (49), andrà comunque protetto dal corto circuito (50, 51, 51N) . Gli interruttori a monte e valle saranno quindi chiamati ad isolarlo sia in caso di guasto interno che in caso di guasto esterno (sul generatore o sul quadro).

#### 2.4. Scomparti Arrivo linea e partenza

La disconnessione di un generatore in erogazione crea perturbazioni e stress alle macchine. In caso di evento di guasto, questo viene "sentito" praticamente da tutti i sensori del sistema, e per tale ragione si rende necessario inibire l'intervento di tutti gli sganciatori, ad eccezione di quelli a ridosso della parte sotto guasto, rilasciando consensi allo sgancio solo in caso di mancata apertura degli interruttori titolari dell'intervento.

A tal proposito sono previste protezioni differenziale di sbarra (87), direzionale di corrente , massima corrente 50, 51, dispersione 51N/64.

Gli scomparti dovranno avere livello di isolamento  $U_r=40.5\text{kV}$ , attualmente garantito da moduli compatti in SF6 oppure da moduli isolati a vuoto.

#### 2.5. Dimensionamento dei cavi in relazione alla potenza di corto circuito.

Per i guasti trifase, seguendo quanto indicato dall'Allegato A.68 al codice di rete al par. 6.1.2, si è considerato un valore di  $I_{cc}$  di 20 kA alla tensione di 36 kV, per una durata massima di 1,0 s; per questo motivo nella maggior parte dell'impianto non sarà ammissibile una configurazione inferiore a **3x1x70 mmq**.

L'adozione di un criterio di selettività logica anziché cronologica si rivela indispensabile anche da questo punto di vista, affidando la priorità di intervento delle protezioni, che comunque restano allertate da relais tradizionali posti in corrispondenza di ogni singola apparecchiatura, ad un supervisore di rete collegato via fibra ottica a tutte le unità significative del sistema di potenza.



## 2.6. Dimensionamento dei cavi in relazione alla portata di corrente.

Definita la sezione minima per i requisiti indicati al precedente paragrafo, la tabella seguente mostra il dimensionamento dei cavi in base alla portata di corrente in regime permanente, con l'indicazione della relativa caduta di tensione:

potenza	tratto	da	a	lunghezza	sezione	TERNA	corrente	caduta specificata	caduta tensione	impegno linea
kW				km	nom.		A	$\Delta V$ [V/A km]	$\Delta V\%$	%
1600	1	T1	CD1	0,522	70	SINGOLA	26	0,841	0,03%	12%
4000	2	T2	CD1	0,02	70	SINGOLA	65	0,841	0,00%	31%
5600	3	CD1	CR	1,253	120	SINGOLA	91	0,421	0,13%	36%
2500	4	T3	CD2	0,571	70	SINGOLA	40	0,841	0,05%	19%
2930	5	T4	CD2	0,18	70	SINGOLA	47	0,841	0,02%	22%
2660	6	T8	CD2	0,18	70	SINGOLA	43	0,841	0,02%	20%
2660	7	T9	CD2	0,2	70	SINGOLA	43	0,841	0,02%	20%
10750	8	CD2	CR	0,533	185	SINGOLA	174	0,324	0,08%	55%
2930	9	T5	CR	0,164	70	SINGOLA	47	0,841	0,02%	22%
4000	10	T6	T7	0,2	70	SINGOLA	65	0,841	0,03%	31%
8000	11	T7	CR	0,29	120	SINGOLA	130	0,421	0,04%	51%
27280	12	CR	SE	11,9	400	DOPPIA	221	0,220	1,61%	47%

## 2.7. Protezioni della cabina di consegna

Le protezioni della segue cabina di consegna saranno conformi alle prescrizioni della norma CEI 0-16. In linea di massima si prevede

- per ogni montante - 50, 51, 67N
- per la linea 36 kV - 27Y, 27  $\Delta$ , 59, 81>, 81<, 59N

Per tutte le misure saranno adottati componenti secondo specifiche TERNA

Tutte le protezioni saranno ripetute, oltre che su sistema di supervisione, anche su relais multifunzione.



## 2.8. Sistema di bilanciamento

In corrispondenza della potenza attiva  $P=0$  ed in assenza di regolazione di tensione, l'impianto dovrà minimizzare gli scambi di potenza reattiva con la RTN al fine di non influire negativamente sulla corretta regolazione della tensione. Per fare ciò si è previsto l'utilizzo di reattanze shunt gestite con neutro isolato da terra opportunamente dimensionate per garantire in grado di compensazione tra il 110% ed il 120% della massima potenza reattiva.



Figura 1 - Reattanza SHUNT per linea 36kV



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

### 3. SISTEMA DI SUPERVISIONE E CONTROLLO

#### 3.1. Sistema di produzione e trasferimento fino al punto di consegna

Verrà installato un sistema di supervisione che interconetterà in una rete LAN a fibra ottica tutte le installazioni significative del sistema. Il computer principale risiederà nella cabina di trasformazione e sarà alimentato mediante UPS atto a consentirne la marcia anche in assenza del collegamento con TERNA. Il livello di backup caldo sarà 100%.

Tale unità avrà varie funzioni, da quelle più elementari di semplice supervisione e memorizzazione di tutti gli eventi significativi, a quelle di gestione in tempo reale del coordinamento delle protezioni elettriche diffuse in tutti i quadri dell'impianto ai vari livelli di tensione (150, 36, 1, 0,4, kVca, 110 Vcc ) e per varie funzioni .

Tutte le postazioni del sistema remote in cabina di campo saranno dotate di una unità periferica del sistema, e la disponibilità di fibre ottiche consentirà anche collegamenti interfonici.

Esso sarà inoltre configurato per essere interfacciato con unità esterne quali ad esempio il sistema di monitoraggio della qualità energetica, le stazioni meteorologiche, sistemi di previsione meteo ecc.

Il sistema sarà dotato di unità videoterminale con pagine sinottiche della rete elettrica, riportante le apparecchiature della cabina, comandi e segnali di stato, pronto ed allarme per tutti gli organi significativi del sistema.

#### 3.2. Telecontrollo della Sottostazione di consegna TERNA

L'intero apparato di monitoraggio, supervisione, controllo e protezioni elettriche sarà in tecnologia digitale, conforme al Cod. di Rete TERNA All. 3 cap. 11.11, ed ai documenti tecnici in esso prescritti quali riferimenti. In particolare si fa riferimento alla specifica TERNA DRRPX04038 "Specificazione funzionale di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV"



A tale sistema, è infatti affidata la selettività logica delle protezioni, attraverso la localizzazione del guasto e l'inibizione di tutte quelle protezioni che, pur sentendo il guasto, non ne sono direttamente interessate.

Per il sistema di supervisione saranno impiegate solo apparecchiature ampiamente collaudate sull'applicazione specifica supervisore di rete DASA, SEPAM o equivalenti.

Il telecontrollo sarà di tipo "sintetico", cioè a comandi di sequenze, ed applicato sia al controllo remoto che al controllo locale di sottostazione.

Il sistema di monitoraggio dialogherà in fibra ottica con il supervisore del parco fotovoltaico e cabina di trasformazione, mentre per il telecontrollo sarà interconnesso con la rete TERNA con un sistema ad onde convogliate sulla linea a 36 kV mediante bobine di sbarramento e dispositivi di accoppiamento secondo C.d.R., All.3 cap. 11.1.9 .

### **3.3. Parti comuni**

Verrà concordata col Gestore di rete la eventuale disponibilità in morsettiera su contatto metallico di segnali provenienti dal supervisore, in contatto pulito oppure 420 mA . I due sistemi di monitoraggio, supervisione e protezioni elettriche relativi alle due sezioni d'impianto a monte e valle del punto di consegna, pur essendo autonomi ed indipendenti, saranno interconnessi secondo accordi con TERNA da uno scambio di quei segnali utili per la diagnostica in tempo reale ed il conseguente coordinamento dell'intervento delle protezioni elettriche.

Tale interconnessione avverrà in fibra ottica con tecnologia digitale e back-up caldo in connessione metallica.



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

## COLLEGAMENTI A TERRA TRA LINEA ALTA TENSIONE TERNA - SOTTOSTAZIONE DI CONNESSIONE - CABINA DI TRASFORMAZIONE - PARCO DI GENERAZIONE

### 3.4. Tracciato

A valle della stazione di trasformazione, essendo prevista una configurazione in antenna, la connessione prevede una linea di connessione verso la SE futura, il cui dettaglio sarà definito di concerto con TERNA. La sezione desunta dal Codice di Rete, salvo diverse indicazioni TERNA, è 2x(3x1x400) mmq Al.

### 3.5. Modalità di posa dei cavi

Per i tratti di posa interrata si prevede che il cavo sia posato sul fondo della trincea, quindi coperto con sabbia compattata in opera e protetto meccanicamente con un tegolo prefabbricato ed ulteriore ghiaia compattata. Alle profondità di 300 e 600 mm dal piano campagna saranno poste due strisce segnalatrici in polietilene o altro materiale inalterabile, di colorazione e caratteristiche normalizzate per la segnalazione di linee interrate. Il tracciato sarà ulteriormente segnalato in superficie secondo normativa vigente in tutti i punti significativi, quali cambiamenti di direzione e/o di quota. Il cavo da 400 mmq per l'interconnessione tra la cabina di consegna e la stazione SE sarà posato secondo tali modalità. I cavi verranno posati a profondità non inferiore a 1200 mm (valore stabilito dalle norme tecniche vigenti) tenendo presente i valori di esposizione ai campi magnetici prescritti dal Decreto 29.5.2008 (cfr. cap. 9), che fissa valori di attenzione per i campi elettromagnetici in 10  $\mu$ T in località non destinate allo stazionamento delle persone. Il valore di campo magnetico viene fissato in 3  $\mu$ T come obiettivo di qualità in luoghi destinati allo stazionamento delle persone, quali il passaggio all'interno della recinzione della cabina di trasformazione e consegna. Il materiale di riempimento dello scavo sarà debitamente compattato e la finitura ultima superficiale sarà di tipo manto stradale con finitura a binder e bitume per una larghezza di 800 mm.



### Cavi:

La potenza erogabile dal parco fotovoltaico è di **27.1 MWac**. Il dimensionamento del cavo è stato effettuato in base ai parametri di corto circuito, assai più gravosi degli effetti di riscaldamento per normale esercizio. E' stato previsto un cavo unipolare in alluminio 2x(3x1x400) mmq, isolato in XLPE armatura in calza di acciaio, protezione meccanica in polipropilene posato a trifoglio:

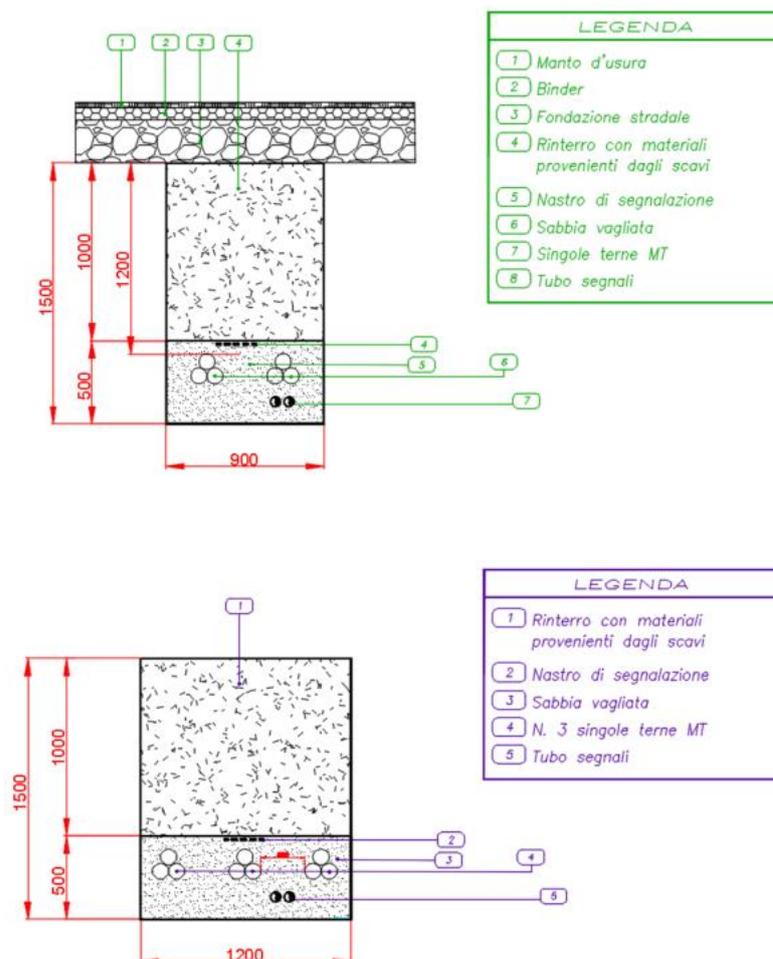


Figura 2. Sezioni tipiche della terna di cavi e condizioni di posa per il cavo da 400 mmq



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

Nella stessa sede qualora non compresa nel cavo tripolare stesso, correrà anche un collegamento in fascio di fibre ottiche per l'interconnessione dei sistemi di controllo, telesegnalazione e interlatching delle protezioni evitando per quanto possibile le giunzioni che, qualora indispensabili, saranno realizzate in apposita camera interrata, debitamente segnalate secondo le tecniche correnti omologate, e saranno certificate dalla D.L. e collaudate a norma di legge.

### **3.6. Sistema generale di terra**

#### **Strutture sostegno moduli FV**

Le strutture di sostegno sono costituite da strutture interamente metalliche elettrosaldate, piantate nel terreno costituendo un sistema intrinsecamente equipotenziale.

#### **Cavidotti**

I cavidotti sono costituiti da cavi isolati per la loro tensione nominale, posati direttamente nel terreno e pertanto non sono dotati di alcun dispersore. In sede di messa in servizio saranno misurate tensioni di passo e contatto. L'area circostante sarà quindi resa inaccessibile mediante recinzione e segnaletica fino a distanza di sicurezza.

#### **Cabine elettriche**

L'area destinata alle due recinzioni adiacenti per la cabina di trasformazione e quella di consegna è servita da due distinti impianti di terra, i cui dispersori saranno uniti a costituire un unico dispersore mediante giunti galvanicamente protetti, ispezionabili e sezionabili per misura e manutenzione. I piani di calpestio di piazzali saranno resi individualmente equipotenziali tramite una rete elettrosaldata annegata nel calcestruzzo, ciascuna posta in intimo contatto col proprio dispersore, ed isolata con un manto di bitume di spessore superiore a 8 cm.



COMUNE DI FOGGIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

## 4. LINEE COLLETTRICI DI ENERGIA ELETTRICA

### 4.1. Scelta dei cavi

Saranno utilizzati cavi in alluminio, materiale isolante in XLPE, armatura in fili di acciaio zincato e protezione esterna in polipropilene).

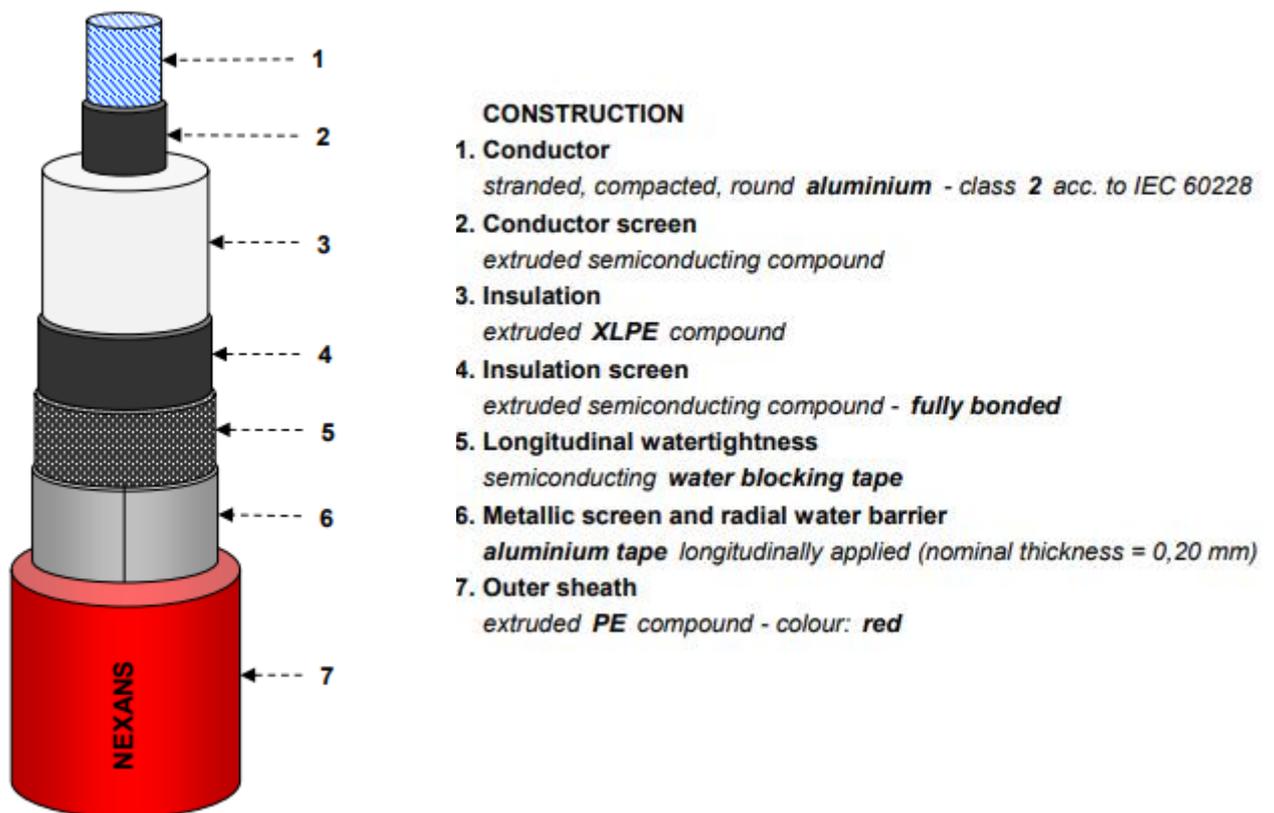


Figura 2 Configurazione tipica dei cavi unipolari previsti

Dato il valore della corrente, che per molte tratte è abbastanza contenuta, Il dimensionamento termico a regime è trascurabile rispetto alle considerazioni meccaniche e soprattutto a quelle di tenuta al corto



**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04  
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN**

**COMUNE DI FOGGIA**

**PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche**

circuito poiché l'energia di guasto si sviluppa adiabaticamente. I calcoli sono stati effettuati in riferimento ad una temperatura di esercizio di 30°C.

Ciascuna tratta di cavo è integrata da fibre ottiche per la connessione al sistema di supervisione del sistema di protezioni elettriche. Date le condizioni di installazione particolarmente gravose ed onerose, è previsto un fascio di f.o. con abbondante ridondanza iniziale rispetto alle necessità.