

BLUE STONE  
renewable IV

P.I. 15304981002  
Via Vincenzo Bellini,  
22 00198 Roma



**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA E  
PRODUZIONI AGRICOLE, DELLA POTENZA IN DC DI 14,125  
MWp E POTENZA IN IMMISSIONE DI 11 MW, DENOMINATO  
"CSPV SAN DONACI" SITO NEL COMUNE DI SAN DONACI (BR)  
ZONA MASSERIA MARIANA ED OPERE CONNESSE NEL COMUNE  
DI CELLINO SAN MARCO (BR)**



**Tecnico**

ing. Danilo POMPONIO

Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361

**Azienda con Sistema di Gestione Certificato**  
**UNI EN ISO 9001:2015**  
**UNI EN ISO 14001:2015**  
**UNI ISO 45001:2018**

**Collaborazioni**

ing. Milena MIGLIONICO  
ing. Giulia CARELLA  
ing. Valentina SAMMARTINO  
ing. Carlo TEDESCO  
geol. Lucia SANTOPIETRO  
ing. Tommaso MANCINI  
ing. Martino LAPENNA  
ing. Francesco GIGANTE

**Responsabile Commessa**

ing. Danilo POMPONIO

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
<b>C02</b>		<b>DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI</b>	<b>22138</b>	<b>D</b>		
			CODICE ELABORATO			
			<b>DC22138D-C02</b>			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)		SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
<b>01</b>			-	-		
			NOME FILE	PAGINE		
			<b>DC21004D-C02 rev01.doc</b>	<b>20 + copertina</b>		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato	
00	24/10/22	Emissione	Carella	Miglionico	Pomponio	
01	25/11/22	Modifica recinzione, perimetro Stazione Elettrica RTN e numero inverter	Lapenna	Miglionico	Pomponio	
02						
03						
04						
05						
06						

## INDICE

1. OGGETTO .....	2
2. DATI DI PROGETTO .....	3
3. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	4
3.1    Caratteristiche generali della centrale fotovoltaica .....	4
3.1.1    Moduli fotovoltaici .....	4
3.1.2    Gruppo di conversione CC/CA (Inverter).....	5
3.1.3    Layout impianto .....	6
4. OPERE CIVILI .....	7
4.1    Caratteristiche generali .....	7
4.2    Strutture portamoduli.....	7
4.3    Recinzione perimetrale .....	7
4.4    Piazzale, strade di accesso e viabilità di servizio .....	8
4.5    Cavidotti .....	8
5. OPERE DI ELETTRIFICAZIONE.....	10
5.1    Elettrodotti AT e BT .....	10
5.1.1    Scelta del tipo di cavi AT .....	10
5.1.2    Posa dei cavi AT .....	11
5.1.3    Scelta del tipo di cavi BT .....	11
5.1.4    Temperatura di posa .....	12
5.1.5    Segnalazione della presenza dei cavi.....	12
5.1.6    Prova di isolamento dei cavi AT.....	12
5.2    Impianti di illuminazione e sicurezza .....	12
6. CABINE .....	13
6.1    Cabine di trasformazione .....	13
6.2    Cabina di raccolta utenti .....	14
7. SICUREZZA DELL'IMPIANTO.....	16
7.1    Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto .....	16
7.2    Protezione da contatti accidentali lato c.c.....	16
7.3    Protezione dalle fulminazioni .....	16
7.4    Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto.....	17
7.5    Impianto di messa a terra .....	17
8. CRITERI DI COSTRUZIONE .....	19
8.1    Esecuzione degli scavi.....	19
8.2    Esecuzione di pozzetti e camerette.....	19
8.3    Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a AT .....	19
8.4    Messa a terra dei rivestimenti metallici .....	20

## 1. OGGETTO

Il presente Disciplinare Descrittivo e Prestazionale degli Elementi Tecnici è relativo al progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e produzioni agricole, della potenza di circa 14,125 MWp denominato "CSPV SAN DONACI" in agro di San Donaci (BR), zona "Masseria Mariana", e delle relative opere connesse anche in agro di San Donaci e di Cellino San Marco (BR), proposto dalla società BLUE STONE RENEWABLE IV, con sede legale in Via Vincenzo Bellini, Roma.

Come prescritto nel Preventivo di Connessione rilasciato da Terna con codice pratica 202200713, l'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Brindisi Sud - Galatina".

Si precisa che la progettazione della futura Stazione Elettrica (SE) della RTN e dei raccordi alla linea 380 kV della RTN "Brindisi Sud - Galatina" **non sono parte** del presente progetto. Il progetto prevede, pertanto:

- la realizzazione dell'impianto fotovoltaico;
- la realizzazione del cavidotto AT di connessione alla futura cabina primaria.



## 2. DATI DI PROGETTO

<b>PERSONA FISICA/GIURIDICA</b>	
Richiedente	BLUE STONE RENAWARE IV S.r.l.
<b>SITO</b>	
Ubicazione	San Donaci (BR) loc. "Masseria Mariana"
Uso	Terreno agricolo – incolto
Dati catastali	Comune di San Donaci: particelle 16, 492, 561 e 518 del foglio 23
Disponibilità di superficie per moduli	circa 15 ha
Inclinazione superficie	pianeggiante
Fenomeni di ombreggiamento	Assenza di ombreggiamenti rilevanti
Dati relativi al vento	Circolare 4/7/1996
Carico neve	Circolare 4/7/1996
Condizioni ambientali speciali	NO
<b>DATI TECNICI</b>	
Potenza nominale dell'impianto	14,125 MWp
Range di tensione in corrente continua in ingresso al gruppo di conversione	<1500 V
Tensione in corrente alternata in uscita al gruppo di conversione	<1000 V
Tipo di intervento richiesto:	
- Nuovo impianto	SI
- Trasformazione	NO
- Ampliamento	NO
Dati del collegamento elettrico	
- Descrizione della rete di collegamento	AT neutro isolato
- Tensione nominale (Un)	Trasporto 36.000 V
- Vincoli della Società responsabile della rete di trasmissione nazionale da rispettare	Specifiche TERNA
Misura dell'energia	Contatore proprio e UTF sulla AT per la misura della produzione (eventualmente anche sulla BT)
Punto di Consegna	Futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Brindisi Sud – Galatina"

### 3. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

#### 3.1 Caratteristiche generali della centrale fotovoltaica

L'impianto sarà di tipo fisso, ovvero con pannelli fotovoltaici posizionati su una struttura infissa nel terreno.

L'ottimizzazione del numero di moduli e quindi delle stringhe installabili ha previsto l'installazione di 59 inverter di potenza nominale in c.a. pari a 200 kVA.

L'impianto avrà una potenza installata pari a circa 14.125 kWp e una potenza in uscita lato AC pari a 11.800 kW. Si prevede di installare n. 21.900 moduli fotovoltaici della potenza di 645 Wp le cui stringhe saranno formate da 30 moduli.

La potenza in uscita dagli inverter, potenzialmente di 11.800 kW, sarà opportunamente regolata in maniera tale da non superare mai il valore massimo consentito dalla STMG pari a 11.000 kW.

##### 3.1.1 *Moduli fotovoltaici*

Il progetto del presente impianto (cfr. DW22138D-P01) prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici bifacciali con struttura fissa; questi avranno direzione longitudinale Est-Ovest, e trasversale Nord-Sud con inclinazione rispetto al suolo di 30°. Ogni struttura sarà composta da una doppia fila di moduli fotovoltaici posizionati verticalmente l'uno sull'altro; le strutture saranno disposte secondo file parallele la cui distanza sarà calcolata in modo che l'ombra di una fila non lambisca la fila successiva.

L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da 21.900 moduli fotovoltaici, in stringhe da 30, di nuova generazione in silicio monocristallino di potenza nominale pari a 645 Wp.

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 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.

Come riportato nell'allegato 1 del Decreto Ministeriale del 19 febbraio 2007 tutti i componenti dell'impianto, oltre ad essere provati e verificati in laboratori accreditati in conformità alle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025, devono osservare le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0.85P_{nom} \cdot \frac{I}{I_{stc}}$$

$$P_{ca} > 0.9P_{cc}$$

*(quest'ultima condizione deve essere verificata per  $P_{ca} > 90\%$  della potenza di targa del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata).*

Dove:

$P_{cc}$  =Potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico con precisione migliore del  $\pm 2\%$ ;

$P_{nom}$  =Potenza nominale del generatore fotovoltaico;

$I$  = Irraggiamento in  $W / m^2$  misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del  $\pm 3\%$ ;

$I_{stc}$  =  $1000 W / m^2$ , è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

$P_{ca}$  =Potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del  $\pm 2\%$ .

In particolare verranno adottati criteri di selezione dei moduli per garantire la migliore uniformità delle loro prestazioni elettriche e quindi ottimizzare il rendimento delle stringhe; verranno inoltre utilizzati componenti selezionati e cavi di sezioni adeguate a ridurre le perdite sul lato in corrente continua.

In generale verranno esaminate con i fornitori dei componenti tutte le caratteristiche dei componenti stessi che hanno impatto con il rendimento del sistema, verranno individuati tutti gli accorgimenti volti a migliorarlo e verranno adottate le misure conseguenti.

Va considerato poi un decremento nel tempo dell'efficienza dei moduli dovuta al degrado dei componenti o all'insorgere di problemi di laminazione; sulla base di risultati sperimentali ottenuti da enti europei di ricerca (JRC di Ispra, LEEE-TiSo) si è valutata una perdita della producibilità massima del 10% al ventesimo anno di vita dell'impianto ed una perdita media del 5% nell'arco dei 20 anni di vita dell'impianto, con un'equivalente riduzione dell'energia prodotta.

### **3.1.2 Gruppo di conversione CC/CA (Inverter)**

Gli inverter che saranno utilizzati sono inverter di stringa trifase aventi potenza nominale in c.a. pari a 200 kVA e potenza massima in uscita di 215 kVA. Saranno utilizzati n. 59 inverter posizionati in corrispondenza delle strutture.

A tal proposito, si fa presente che l'inverter verrà scelto in funzione delle tecnologie disponibili sul mercato europeo al momento della costruzione, e quindi, poiché la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, si presume che dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione, tali tecnologie potrebbero cambiare; pertanto gli inverter che verranno presi in considerazione saranno ovviamente quelli di ultima generazione.

Dall'analisi effettuata risultano richieste le seguenti caratteristiche principali:

- conformità alle normative europee di sicurezza;
- disponibilità di informazione di allarme e di misura sul display integrato;
- funzionamento automatico, quindi semplicità d'uso e di installazione;
- sfruttamento ottimale del campo fotovoltaico con la funzione MPPT integrata;

- elevato rendimento globale;
- massima sicurezza, con il trasformatore di isolamento a frequenza di rete incorporato;
- forma d'onda di uscita perfettamente sinusoidale;
- possibilità di monitoraggio, di controllo a distanza e di collegamento a PC per la raccolta e l'analisi dei dati.

L'inverter sarà certificato CE e munito di opportuna certificazione sia sui rendimenti che sulla compatibilità elettromagnetica.

### **3.1.3** *Layout impianto*

La struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici sarà del tipo fisso.

Si tratta di una struttura a pali infissi direttamente nel terreno o realizzata con la tecnica del predrilling, 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. Potrà essere installata su diverse fondazioni: pali infissi o pali trivellati o se necessario mediante plinti in c.a.

Tutte le strutture potranno essere riciclate, successivamente alla loro dismissione, sul mercato del ferro.

L'area a disposizione per l'installazione dell'impianto permette l'installazione dei pannelli fotovoltaici realizzando un layout del generatore fotovoltaico che eviti l'ombreggiamento dei moduli tra file parallele e da parte di ostacoli perimetrici. La superficie disponibile e la struttura portamoduli permette di orientare i pannelli est-ovest, condizione che massimizza l'energia producibile.

Attraverso idonee linee interrate i moduli fotovoltaici si congiungeranno alle cabine di trasformazione.

## **4. OPERE CIVILI**

### **4.1 Caratteristiche generali**

Tutti i materiali dovranno possedere la marcatura CE, dove applicabile.

Le strutture non avranno bisogno di opere in calcestruzzo per le fondazioni, a meno che in fase esecutiva si rendesse necessario per porzioni di aree. I pali delle strutture saranno direttamente infissi nel terreno o, eventualmente mediante la tecnica del predrilling.

Il piano di imposta delle strutture di fondazione delle cabine sarà regolarizzato mediante uno strato di calcestruzzo magro, spesso almeno 15 cm, di resistenza caratteristica non inferiore a  $R_{ck} 15 \text{ N/mm}^2$  su cui verrà adagiata la vasca di fondazione prefabbricata.

### **4.2 Strutture portamoduli**

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici sono realizzate assemblando profili metallici in acciaio zincato a caldo. Nella maggior parte dei casi si tratta di profili pressopiegati di tipo S235JR. In fase esecutiva verrà svolta una campagna geologica per la caratterizzazione esatta del terreno di fondazione, completa di provini di terreno estratti dal terreno tramite carotatrice e verranno svolte alcune prove sismiche e MASV, necessarie per determinare la caratterizzazione sismica della zona e la stratigrafia del terreno. I dati geotecnici e i coefficienti caratterizzanti la tipologia di terreno studiata serviranno per effettuare il calcolo strutturale e le verifiche geotecniche, quindi per determinare la tipologia e la dimensione.

Il sistema di fissaggio al suolo sarà di tipo direttamente infisso nel terreno mediante macchina battipalo o mediante la tecnica del predrilling. L'utilizzo della tecnologia più opportuna deve essere verificato in fase esecutiva, anche a seguito dello studio dei risultati dei sondaggi geognostici che, obbligatoriamente, dovranno essere eseguiti. Qualora i sistemi di ancoraggio non dovessero raggiungere i valori di portanza richiesti, tali da resistere, con opportuni coefficienti di sicurezza alle azioni sopra menzionate, sarà utilizzata la tipologia di fondazione realizzata con la tecnica del predrilling o, se necessario, mediante plinti in calcestruzzo.

### **4.3 Recinzione perimetrale**

L'area sarà dotata di recinzione in rete metallica e di un cancello carrabile, al fine di permettere l'accessibilità.

La recinzione sarà realizzata in rete a maglia metallica di altezza pari a 2,00 mt, disterà dal suolo circa 5 cm, e sarà fissata al terreno con pali verticali di supporto, a sezione circolare, distanti gli uni dagli altri 2,5 m ed infissi direttamente nel terreno o eventualmente mediante tecnica di predrilling o con la realizzazione di piccoli plintini, se necessario, nel caso in cui la geologia del terreno non permetta l'infissione dei pali; i pali angolari, e quelli centrali di ogni lato, saranno



dotati, per un maggior sostegno della recinzione, ognuno di due pali obliqui. La rete metallica come recinzione è stata scelta al fine di ridurre gli impatti visivi, inoltre sono state create delle aperture per il passaggio della piccola e media fauna e una fascia arborea autoctona di mitigazione.

L'accesso ad ogni area sarà garantito attraverso un cancello a doppia anta a battente di larghezza pari a 5,0 mt, idoneo al passaggio dei mezzi pesanti in fase di realizzazione e manutenzione. Il cancello d'ingresso sarà realizzato in acciaio zincato, sorretto da pilastri in scatolare metallico. In fase esecutiva sarà considerata la possibilità di dotare il cancello di azionamento elettrico.

#### **4.4 Piazzale, strade di accesso e viabilità di servizio**

La circolazione dei mezzi all'interno dell'impianto fotovoltaico sarà garantita dalla presenza di una apposita viabilità interna da realizzarsi all'interno dell'area; la viabilità interna sarà costituita da strade di larghezza pari a 4,0 mt. Per l'esecuzione dei nuovi tratti di viabilità interna sarà effettuato uno sbancamento di 40 cm, ed il successivo riempimento con un pacchetto stradale così formato:

- un primo strato, di spessore pari a 20 cm, realizzato con massiciata di pietrame di pezzatura variabile tra 4 e 7 cm;
- un secondo strato, di spessore pari a 15 cm, realizzato con pietrisco di pezzatura variabile tra 2,5 e 3 cm;
- un terzo strato, di livellamento, di spessore pari a 5 cm realizzato con misto stabilizzato.

L'ubicazione della centrale fotovoltaica adiacente le strade provinciali e comunali permetterà un facile trasporto in sito dei materiali per la costruzione e realizzazione della stessa.

L'impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica risulta ben servito dalla viabilità pubblica principale, saranno realizzati, infatti, solo brevi tratti di strada per l'accesso al sito di larghezza pari a 5,0 mt, con un pacchetto stradale analogo a quello della viabilità interna.

#### **4.5 Cavidotti**

Per la realizzazione dei cavidotti, saranno eseguiti scavi di profondità variabile tra 80 cm e 150 cm. Gli scavi avranno una larghezza variabile in funzione dei cavidotti da porre in opera. Si procederà quindi con:

- scavo a sezione ristretta;
- posizionamento allettamenti in sabbia di cava lavata;
- posa dei cavi AT a trifoglio, e tubi per i cavi di segnale;
- riempimento con sabbia di cava lavata;
- posa di uno o più nastri segnalatori;
- rinterro con materiale arido proveniente dagli scavi, opportunamente vagliato se necessario, preventivamente approvato dalla D.L.;

- eventuale ripristino della pavimentazione stradale nel caso di attraversamenti di strade asfaltate e brecciate.

I cavi saranno direttamente interrati e protetti meccanicamente tramite lastre o tegoli.

Il rinterro dei cavidotti, a seguito della posa degli stessi, che deve avvenire su un letto di sabbia su fondo perfettamente spianato e privo di sassi e spuntoni di roccia, sarà eseguito per strati successivi di circa 20-30 cm accuratamente costipati. Lo strato terminale di riempimento degli scavi realizzati sulla pubblica viabilità, invece, sarà realizzato con il medesimo pacchetto stradale esistente, in modo da ripristinare la pavimentazione alla situazione originaria.



## 5. OPERE DI ELETRIFICAZIONE

Tutti i materiali impiegati nella realizzazione dei lavori dovranno essere conformi alle prescrizioni indicate nella presente specifica tecnica, nelle norme CEI, alle dimensioni unificate secondo le tabelle UNEL e provvisti del marchio IMQ (quando ammessi al regime del marchio) e marchio CE. Essi dovranno essere nuovi di costruzione e dovranno inoltre essere scelti per qualità e provenienza di primarie case costruttrici e fra quanto di meglio il mercato sia in grado di fornire. Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta delle apparecchiature in considerazione anche della continuità del servizio e della facilità di manutenzione.

### 5.1 Elettrodotti AT e BT

La potenza elettrica raccolta dall' area di produzione sarà trasferita in elettrodotto AT interrato al punto di consegna. L'impianto si conetterà tramite con cavidotto in alta tensione a 36 kV tramite fabbricato di controllo, pertanto la rete lettrica 36 kV sarà così composta:

- collegamenti tra le cabine di trasformazione, e tra queste e con la cabina di raccolta utente;
- collegamenti tra la cabina di raccolta utente e il punto di connessione individuato nella futura Stazione Elettrica.

#### 5.1.1 *Scelta del tipo di cavi AT*

I cavi impiegati all'interno dell'area saranno del tipo unipolari con posa a "trifoglio" ad una profondità di circa 120 cm dal piano campagna, direttamente interrati e protetti con protezione meccanica tramite lastre o tegoli.

I collegamenti elettrici saranno tutti realizzati direttamente interrati mediante terna di conduttori a corda rigida compatta in alluminio, disposti a trifoglio. Il conduttore sarà a corda rotonda compatta di alluminio, isolamento in XLPE, adatto ad una temperatura di esercizio massima continuativa del conduttore pari a 90 °C, schermo a fili di rame con sovrapposizione di una guaina in alluminio saldato e guaina esterna in PE grafitato, qualità ST7, con livello di isolamento verso terra e tra le fasi pari a  $U_0/U=26/45$  kV. Lo schermo metallico è dimensionato per sopportare la corrente di corto circuito per la durata specificata. Il rivestimento esterno del cavo ha la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione. Lo strato di grafite è necessario per effettuare le prove elettriche dopo la posa, in accordo a quanto previsto dalla norma IEC 62067.

La scelta dell'alluminio come materiale conduttore del cavo è stata determinata dalla più ampia reperibilità sul mercato e dal più basso costo, ma soprattutto da considerazioni di sicurezza tipicamente legate ad eventi locali. Infatti, l'esperienza in altri cantieri ha evidenziato l'improponibilità dell'utilizzo di cavi in rame a causa dei ripetuti furti e danneggiamenti subiti dai

cavi in fase di posa che hanno reso estremamente difficoltoso il normale svolgimento della costruzione degli elettrodotti.

### **5.1.2** *Posa dei cavi AT*

All'interno del campo fotovoltaico i cavi di alta tensione saranno direttamente interrati. Sarà prevista la posa all'interno del proprio scavo del tegolino o lastra di protezione tranne nei casi in cui sia necessaria una maggiore protezione meccanica, realizzata con tubazioni in PVC. Il cavidotto esterno (collegamento della cabina utente con la nuova stazione elettrica della RTN di CELLINO) sarà direttamente interrato. Sarà prevista la posa all'interno del proprio scavo del tegolino o lastra di protezione tranne nei casi in cui sia necessaria una maggiore protezione meccanica. Le tubazioni saranno a loro volta rinfiaccate con sabbia (o terra vagliata) e lo scavo sarà riempito con terreno argilloso e materiale di risulta la parte restante (salvo diversa prescrizione dell'Ente Proprietario della strada). Il cavo direttamente interrato garantirà una maggiore portata a parità di sezione rispetto al caso di cavo in tubo.

L'impiego di pozzetti o camerette dovrà essere limitato ai casi di reale necessità, ad esempio per facilitare la posa dei cavi lungo un percorso tortuoso o per la ispezionabilità dei giunti.

### **5.1.3** *Scelta del tipo di cavi BT*

Per il collegamento tra i moduli fotovoltaici e tra i moduli e gli stringbox saranno utilizzati cavi del tipo **H1Z2Z2-K** o similare<sup>1</sup>, costituito da conduttore in rame stagnato, formazione flessibile, classe 5, isolati in mescola speciale reticolata HT-PVI (LS0H), guaina in mescola speciale reticolata HT-PVG (LS0H), conforme alle norme CEI EN 50618, CEI EN 60332-1-2, CEI EN 50525-1, CEI EN 61034-2, CEI EN 50289-4-17 (A), CEI EN 50396, CEI EN 60216-1/2, CEI EN 50575:2014+A1:2016; conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11), classe di reazione al fuoco "Eca", tensione di esercizio 1,0/1,0 kV in c.a. e 1,5/1,5 kV in c.c., tensione massima di esercizio 1,8 kV in c.c..

Per il collegamento tra gli stringbox e gli inverter e tra gli inverter e i trasformatori AT/BT, dovranno essere impiegati cavi del tipo **ARG16R16** o similare, di sezioni variabile.

Il suddetto cavo è costituito da conduttore in alluminio, corda rigida compatta, classe 2, isolati in Gomma di qualità G16, che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche, riempitivo termoplastico penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari), guaina in PVC speciale di qualità R16, conforme alle norme CEI 20-13, IEC 60502-1, CEI UNEL 35318, EN 50575:2014+A1:2016, conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da

---

<sup>1</sup> Per quanto riguarda i cavi non "CPR", se immessi sul mercato dopo il 01/07/2017, dovranno essere sostituiti con cavi "CPR" corrispondenti, qualora disponibili sul mercato prima dell'esecuzione dell'impianto (**D.lgs n 106 del 16/06/2017**)

Costruzione (CPR UE 305/11), classe di reazione al fuoco "Cca-s3,d1,a3", tensione di esercizio 0,6/1 kV in c.a. e 1,5 kV in c.c., tensione massima di esercizio 1,2 kV in c.a. e 1,8 kV in c.c..

#### **5.1.4** *Temperatura di posa*

Durante le operazioni di installazione la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venir piegati o raddrizzati, non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

#### **5.1.5** *Segnalazione della presenza dei cavi*

Al fine di evitare danneggiamenti nel caso di scavo da parte di terzi, lungo il percorso dei cavi dovrà essere posato sotto la pavimentazione un nastro di segnalazione in polietilene.

Nell'attraversamento di aree private fino all'imbocco delle strade pubbliche dovrà essere segnalata la presenza dell'elettrodotto interrato posizionando l'opportuna segnaletica.

#### **5.1.6** *Prova di isolamento dei cavi AT*

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a AT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI 11-17. La tensione di prova dell'isolamento in corrente continua dovrà essere pari a quattro volte la tensione nominale stellata.

### **5.2** *Impianti di illuminazione e sicurezza*

Gli impianti di illuminazione, videosorveglianza ed antintrusione saranno installati lungo il perimetro dell'area della centrale fotovoltaica, garantendo la copertura totale dei confini delimitati dalla recinzione.

Gli apparecchi illuminanti saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (alogeni, LED, ecc.).

I dispositivi di videosorveglianza saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (telecamere fisse, dome, apparecchiatura di videoregistrazione, ecc.).

I dispositivi di antintrusione saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (contatti reed, barriere a infrarossi, sensori a microonde, ecc.).

Gli impianti suddetti verranno alimentati dai trasformatori dei servizi ausiliari presenti nelle cabine di conversione e trasformazione e nella cabina utente; gli interruttori di protezione di tali circuiti saranno installati in un quadro BT presente nel locale di controllo.

## 6. CABINE

### 6.1 Cabine di trasformazione

Le cabine saranno prefabbricate realizzate in cemento armato vibrato (c.a.v.), complete di vasca di fondazione del medesimo materiale, assemblate con quadri di parallelo inverter, trasformatori AT/BT (36/0,8 kV) e quadri di alta tensione, posate su un magrone di sottofondazione in cemento. Le cabine saranno internamente suddivise nei seguenti tre vani:

- il vano raccolta BT, in cui è alloggiato il quadro di parallelo degli inverter di stringa;
- 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.

All'interno di tali cabine, avverrà l'elevazione di tensione a 36.000 V in corrente alternata, così da poter convogliare l'energia prodotta dal campo fotovoltaico verso la cabina di raccolta per essere ceduta a Terna. Per ulteriori dettagli tecnici si faccia riferimento agli elaborati grafici allegati.

Tutte le parti attive del generatore fotovoltaico saranno isolate da terra, mentre le masse metalliche saranno collegate all'impianto di terra di protezione; a protezione dei contatti indiretti, in ottemperanza alla norma CEI 64-8/4, l'impianto disporrà di un dispositivo di controllo dell'isolamento che indicherà il verificarsi del primo guasto a terra, interrompendo il circuito e quindi il servizio. La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento delle parti attive o con l'utilizzo di involucri e barriere; in ogni caso il contatto verrà impedito in modo totale. L'impianto sarà realizzato con grado di protezione complessivo IP65. La protezione contro i contatti indiretti nella sezione bassa tensione, in corrente alternata alla frequenza di rete, si attuerà mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione, soddisfacendo la prescrizione:

$$R_t \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

Ove:

$R_t$  è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse

$I_d$  è la corrente di 1° guasto

50 V è il valore di tensione verso massa.

L'impianto elettrico, del tipo sfilabile, sarà realizzato con cavi unipolari di tipo antifiamma, con tubo in materiale isolante incorporato nel calcestruzzo e deve consentire la connessione di tutti gli apparati necessari per il funzionamento della cabina. In particolare:

- n.1 quadro di bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- lampade di illuminazione;
- l'alimentazione di ognuna delle lampade di illuminazione è realizzata con cavi unipolari o multipolari di sezione idonea;
- prese a spina alimentate due cavi unipolari o multipolari di sezione idonea.

Tutti i componenti dell'impianto saranno contrassegnati con un marchio attestante la conformità alle norme e l'intero impianto elettrico sarà corredato da dichiarazione di conformità come da DM 22 gennaio 2008, n.37.

Particolare cura è stata posta nel progettare la maglia di terra afferente alla cabina di trasformazione, rispettando rigorosamente la normativa, in particolare la norma CEI 99-3 e CEI 99-5 che dettano le prescrizioni da seguire per realizzare un impianto di terra a regola d'arte, in modo da attenersi a quanto segue:

- Avere sufficiente resistenza meccanica ed alla corrosione;
- Essere in grado di sopportare da un punto di vista termico le correnti di guasto prevedibili;
- Evitare danni ai componenti elettrici;
- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni presenti sull'impianto di terra per effetto delle elevate correnti di guasto a terra.

L'impianto di dispersione per la messa a terra sarà realizzato mediante anello di rame nudo avente sezione pari a 50 mm<sup>2</sup>, interrato alla profondità di almeno 80 cm dal piano di calpestio, integrato da n. 4 picchetti in acciaio di sezione minima 50 mm<sup>2</sup> a lunghezza 1,6 m, installati uno per ogni angolo in opportuni pozzetti prefabbricati.

Le giunzioni tra i conduttori costituenti la maglia di dispersione e tra questi ultimi e i conduttori di terra saranno realizzate mediante morsetti a compressione in rame.

Il collegamento del conduttore di terra alle strutture metalliche sarà realizzato mediante capicorda a compressione diritti, in rame stagnato con bullone in acciaio zincato.

L'efficienza di tale impianto verrà verificata attraverso apposita misura della resistenza di terra ed eventualmente delle tensioni di passo e di contatto.

Il collegamento interno-esterno della rete di terra sarà realizzato con connettori in acciaio inox.

L'impianto di dispersione, attraverso conduttori di terra, fa capo a collettori posti all'interno dei locali, attraverso i quali si effettua il collegamento a terra tutte le masse presenti nel locale, nonché tutti gli schermi dei cavi entrati ed uscenti.

Tutti gli inserti metallici previsti saranno connessi elettricamente all'armatura del manufatto.

## **6.2** Cabina di raccolta utente

All'interno del campo fotovoltaico in oggetto sarà presente una cabina di raccolta utente all'interno della quale saranno installati i seguenti dispositivi:

- celle arrivo linee dal campo fotovoltaico (protezione generale e protezione di interfaccia);
- cella protezione linea dal campo fotovoltaico (protezione generale e protezione di interfaccia);
- cella TV di sbarra per protezioni;
- cella uscita verso il trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari;



- cella uscita verso punto di consegna.

Le singole celle saranno equipaggiate secondo quanto indicato nello schema unifilare, con i seguenti componenti:

- TV (trasformatori di tensione) per protezione e misura;
- TA (trasformatori di corrente) per protezione e misura;
- interruttori tripolari;
- protezioni a microprocessore secondo le norme CEI 0-16 e requisiti del Distributore;
- sezionatori tripolari (eventualmente con fusibili);
- sezionatori di terra;
- spie di presenza tensione;
- scaricatori di sovratensione;
- morsetti per terminali cavi.

All'interno della cabina sarà presente un locale dedicato al monitoraggio e controllo dell'impianto in cui saranno installati i seguenti dispositivi:

- Workstation
- Armadio rack per il monitoraggio
- Quadri elettrici BT

Il quadro elettrico BT fornirà la forza motrice e l'illuminazione al fabbricato nonché agli impianti ausiliari del campo fotovoltaico.



## **7. SICUREZZA DELL'IMPIANTO**

### **7.1 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto**

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e correnti superiore, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto circuito è di poco superiore alla corrente nominale e questo conferisce una certa sicurezza intrinseca alle stringhe stesse.

### **7.2 Protezione da contatti accidentali lato c.c.**

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. Il contatto accidentale con una tensione di oltre 500 V. c.c., valore certamente superato dalle stringhe, può avere conseguenze letali. Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico, lato corrente continua, è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza del trasformatore AT/BT.

In tal modo affinché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità gli inverter sono muniti di un opportuno dispositivo di controllo dell'isolamento, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

### **7.3 Protezione dalle fulminazioni**

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceramico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

I moduli fotovoltaici sono insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza. Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni, i quadri di parallelo sottocampi sono muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi d'uscita.

In caso di sovratensioni i varistori collegano una od entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.

#### **7.4 Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto**

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analoga limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter.

Eventi di corto circuito sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata.

A protezione sono presenti interruttori AT in SF6 con protezioni generali di massima corrente e protezioni contro i guasti a terra.

#### **7.5 Impianto di messa a terra**

All'interno del campo fotovoltaico sarà realizzata una rete di terra costituita da dispersori in corda di rame nudo della sezione minima di 35 mm<sup>2</sup>, interrati ad una profondità di almeno 0,5 m. A tale rete saranno collegate tutte le strutture metalliche di supporto dei moduli e la recinzione.

La maglia di terra afferente alle cabine (trasformazione e conversione e utente), rispettando rigorosamente la normativa, in particolare la norma CEI 99-3 e CEI 99-5 che dettano le prescrizioni da seguire per realizzare un impianto di terra a regola d'arte, in modo da attenersi a quanto segue:

- Avere sufficiente resistenza meccanica ed alla corrosione;
- Essere in grado di sopportare da un punto di vista termico le correnti di guasto prevedibili;
- Evitare danni ai componenti elettrici;
- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni presenti sull'impianto di terra per effetto delle elevate correnti di guasto a terra.

L'impianto di dispersione per la messa a terra sarà realizzato mediante anello di rame nudo avente sezione pari a 50 mm<sup>2</sup>, interrato alla profondità di almeno 80 cm dal piano di calpestio, integrato da n. 4 picchetti in acciaio di sezione minima 50 mm<sup>2</sup> a lunghezza 1,6 m, installati uno per ogni angolo in opportuni pozzetti prefabbricati.

Le giunzioni tra i conduttori costituenti la maglia di dispersione e tra questi ultimi e i conduttori di terra saranno realizzate mediante morsetti a compressione in rame.

Il collegamento del conduttore di terra alle strutture metalliche sarà realizzato mediante capicorda a compressione diritti, in rame stagnato con bullone in acciaio zincato.

L'efficienza di tale impianto verrà verificata attraverso apposita misura della resistenza di terra ed eventualmente delle tensioni di passo e di contatto.

L'armatura metallica delle strutture sarà collegata a terra per garantire l'equipotenzialità elettrica.

L'impianto di dispersione, attraverso conduttori di terra, fa capo a collettori posti all'interno dei locali, attraverso i quali si effettua il collegamento a terra tutte le masse presenti nel locale, nonché tutti gli schermi dei cavi entrati ed uscenti.

Tutti gli inserti metallici previsti saranno connessi elettricamente all'armatura del manufatto.

L'impianto di terra dovrà essere conforme alle prescrizioni della norma CEI 99-3 e dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete AT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra da parte delle protezioni.



## **8. CRITERI DI COSTRUZIONE**

### **8.1 Esecuzione degli scavi**

Per i cavi interrati la Norma CEI 11-17 prescrive che le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 0,5 m per cavi con tensione fino a 1000 V;
- 0,8 m per cavi con tensione superiore a 1000 V e fino a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 0,6 m);
- 1,2 m per cavi con tensione superiore a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 1,0 m).

In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata devono essere applicate in generale le prescrizioni dell'art. 66 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada (DPR 16/12/92, n. 945) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada.

In base alle precedenti considerazioni, si giustificano le sezioni adottate per gli scavi, rappresentate nelle Tavole allegate. Le sezioni di scavo includono oltre ai cavi ad AT, anche altre tubazioni opzionali per il passaggio di eventuali cavi a BT o di segnale che dovessero rendersi necessarie, su richiesta del Committente, per il monitoraggio e la corda di terra.

Canalizzazioni ad altezza ridotta su strada pubblica sono ammesse soltanto previo accordo con l'Ente proprietario della strada ed a seguito di comprovate necessità di eseguire incroci e/o parallelismi con altri servizi che non possano essere realizzati aumentando la profondità di posa dei cavi.

### **8.2 Esecuzione di pozzetti e camerette**

Per la costruzione ed il dimensionamento di pozzetti e camerette occorre tenere presente che:

- si devono potere introdurre ed estrarre i cavi senza recare danneggiamenti alle guaine;
- il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.

### **8.3 Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a AT**

L'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi ad AT deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare occorre:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della chiusura e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.



**8.4** Messa a terra dei rivestimenti metallici

Ai sensi della CEI 11-17, gli schermi dei cavi AT saranno sempre atterrati alle estremità di ogni linea e possibilmente in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

\*\*\*\*\*