



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI FOGGIA  
 COMUNE DI FOGGIA



PROGETTO DI UN LOTTO DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, CON COLTIVAZIONE DI PRATO FORAGGERO VOLTA AL SOSTENTAMENTO DI UN ALLEVAMENTO DI BUFALHE DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN CONTRADA TORRE DI LAMA AL FG. FG. N. 9 PP. N. 14, 119, 144, 145, 146, 86, 301, 302, 692 E 693, DI POTENZA DI 15.233,400 kW DENOMINATO "TORRE DI LAMA 3"

PROGETTO DEFINITIVO

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI



livello prog.	Cod. Pratica	Cod. Istanza	NOME FILE	DATA	SCALA
PD	T0738665	UG94WS0	A11	20/11/2022	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE



EDISON Rinnovabili S.P.A - Foro Bonaparte n°31 - 20121 Milano (MI)

ENTE

PROGETTAZIONE

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



FIRMA RESPONSABILE TECNICO

***Lotto di impianti di produzione identificato con codice di  
rintracciabilità T0738655***

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

**Formazione del Lotto:**

**Impianto 1**

***Potenza del generatore fotovoltaico = 5065,2 kWp***

***Potenza nominale impianto = 5000 kW***

***Potenza in immissione concessa = 5000 kW***

**Impianto 2**

***Potenza del generatore fotovoltaico = 5065,2 kWp***

***Potenza nominale impianto = 5000 kW***

***Potenza in immissione concessa = 5000 kW***

**Impianto 3**

***Potenza del generatore fotovoltaico = 5103,0 kWp***

***Potenza nominale impianto = 5000 kW***

***Potenza in immissione concessa = 5000 kW***

## Sommario

<b>1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI</b> .....	3
<b>1.1 Generalità</b> .....	3
<b>1.2 Layout di impianto</b> .....	6
<b>2 CARATTERISTICHE TECNICHE</b> .....	9
<b>2.1 Moduli fotovoltaici</b> .....	9
<b>2.2 Strutture di supporto</b> .....	10
<b>2.3 Cavi BT</b> .....	11
<b>2.4 Quadri parallelo stringhe</b> .....	13
<b>2.5 Cabine di Campo</b> .....	14
<b>2.6 Dispositivi di generatore DDG</b> .....	16
<b>2.7 Linee elettriche MT in Cavo interrato di collegamento tra il quadro elettrico generale (locale utente) ed i trasformatori</b> .....	16
<b>2.8 Quadro elettrico generale di media tensione</b> .....	20
<b>2.9 Gruppi di misura dell'energia</b> .....	22
<b>2.10 Valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto</b> .	22
<b>3 SICUREZZA ELETTRICA</b> .....	25
<b>3.1 Protezione dalle sovracorrenti</b> .....	25
<b>3.2 Protezione contro i contatti diretti</b> .....	25
<b>3.3 Protezione contro i contatti indiretti</b> .....	25

# 1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI

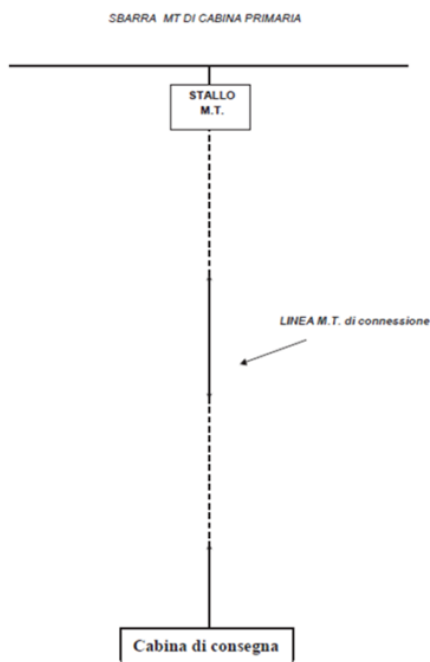
## 1.1 Generalità

La presente relazione tecnica è parte integrante del Progetto Definitivo di un “*lotto di impianti di produzione di energia elettrica<sup>1</sup> da fonte solare*”, che la Società Edison S.p.A. intende realizzare nel territorio comunale di Foggia in Contrada Torre di Lama.

Come deducibile dalle tavole di progetto allegate, il lotto d'impianti fotovoltaici oggetto della presente relazione tecnica, ha una potenza di 15233,4 kWp pari alla somma delle potenze dei generatori riferite agli impianti 1, 2 e 3:

- Impianto 1: 5065,2 kWp
- Impianto 2: 5065,2 kWp
- Impianto 3: 5103 kWp

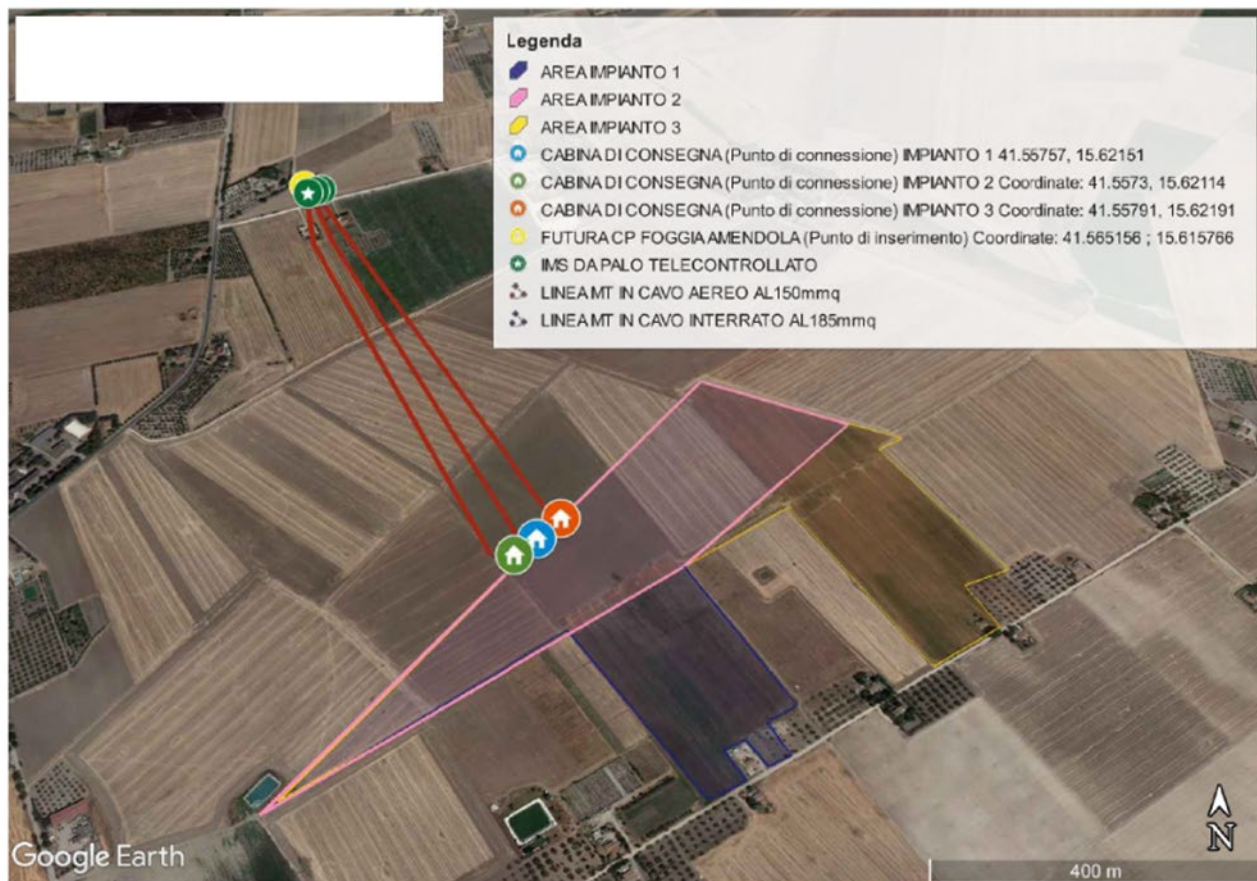
ciascuno dei quali, conformemente a quanto prescritto dal Distributore con preventivo di connessione alla rete – STMG del 21.07.2021 Codice di rintracciabilità T0738665, verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione di media tensione a 20 kV a mezzo di una cabina di consegna inserita in antenna stallo MT dedicato della futura Cabina Primaria AT/MT:



**Figura 1: schema di principio inserimento in antenna su stallo MT di Cabina Primaria**

---

<sup>1</sup> Per lotto di impianti di produzione si intende un gruppo di impianti di produzione distinti, alimentati da fonti rinnovabili e/o di cogenerazione ad alto rendimento ubicati sullo stesso terreno o su terreni adiacenti eventualmente separati unicamente da strada, strada ferrata o corso d'acqua, ciascuno dei quali è connesso direttamente alla rete di e-Distribuzione S.p.A.



***Figura 2: inquadramento territoriale dei tre impianti di produzione costituenti il lotto, delle relative cabine di consegna e delle linee elettriche di media tensione di collegamento con la futura Cabina Primaria***

Nel presente elaborato, verranno illustrati i criteri applicati ai fini del dimensionamento di tutte le apparecchiature facenti parte dell'Impianto di Utente (cavi elettrici, quadri elettrici, trasformatori, ecc) fermo restando che le scelte adottate potranno subire modifiche in fase di progettazione esecutiva in funzione dell'evoluzione tecnologica e della disponibilità del mercato.

L'insieme degli impianti da realizzare a partire dal punto di inserimento in Rete, necessari per la connessione dell'Impianto di Utente, prende il nome di **Lotto d'Impianti per la Connessione** e comprende i seguenti "sotto-impianti":

- Impianto 1: 5065,2 kWp
- Impianto 2: 5065,2 kWp
- Impianto 3: 5103 kWp

Per ogni impianto, facente parte del lotto, avremo POD di connessione distinti e sarà possibile suddividere, per ognuno

- **Impianto di Rete per la Connessione**, costituito dal nuovo stallo MT in Cabina Primaria, dalla linea MT in antenna di collegamento e dall'Impianto di Rete presso l'Utente;
- **Impianto di Utente per la Connessione;**

L'impianto di Utente per la Connessione è la porzione di Impianto per la Connessione la cui realizzazione, gestione, esercizio e manutenzione rimangono di competenza dell'Utente, e consiste in:

- **cavo di collegamento di media tensione;**
- **quadro elettrico di media tensione;**

*Verranno di seguito evidenziate le infrastrutture dell'intero Lotto d'Impianti, per cui sarà possibile distinguere il singolo impianto facendo riferimento allo schema elettrico unifilare ed al layout degli impianti.*

## 1.2 Layout di impianto

L'intero Lotto d'Impianto oggetto della presente relazione tecnica, ha una potenza di picco pari a 15233,4 kWp, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli scelti, in fase di progettazione definitiva, per realizzare il generatore.

Il dimensionamento del generatore fotovoltaico è stato eseguito applicando il criterio della superficie disponibile, tenendo dei distanziamenti da mantenere tra i filari delle strutture fotovoltaiche per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento e degli spazi necessari per l'installazione delle stazioni di conversione e trasformazione dell'energia elettrica.

Si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici **da 700 Wp BIFACCIALI**, i quali, tra le tecnologie attualmente disponibili in commercio, presentano rendimenti di conversione più elevati.

Suddivisione dei sottocampi di ogni impianto facente parte del Lotto:

- Impianto 1:
  - Sottocampo 1: 1682,1 kWp [89 stringhe composte ognuna da 27 moduli in serie]
  - Sottocampo 2: 1682,1 kWp [89 stringhe composte ognuna da 27 moduli in serie]
  - Sottocampo 3: 1701 kWp [90 stringhe composte ognuna da 27 moduli in serie]
- Impianto 2:
  - Sottocampo 1: 1682,1 kWp [89 stringhe composte ognuna da 27 moduli in serie]
  - Sottocampo 2: 1682,1 kWp [89 stringhe composte ognuna da 27 moduli in serie]
  - Sottocampo 3: 1701 kWp [90 stringhe composte ognuna da 27 moduli in serie]
- Impianto 3:
  - Sottocampo 1: 1701 kWp [90 stringhe composte ognuna da 27 moduli in serie]
  - Sottocampo 2: 1701 kWp [90 stringhe composte ognuna da 27 moduli in serie]
  - Sottocampo 3: 1701 kWp [90 stringhe composte ognuna da 27 moduli in serie]

Ogni sottocampo confluirà agli inverter contenuti nel locale di conversione, per confluire verso il locale di trasformazione BT/MT di riferimento del sottocampo.

Nei locali appena citati verranno installati i quadri elettrici di media e bassa tensione, i gruppi di conversione, il trasformatore di campo e i gruppi di misura dell'energia prodotta (per maggiori dettagli sulle dimensioni e sul posizionamento dei locali, si rimanda alle tavole allegate).

Definito il layout del Lotto d'Impianti, il numero di moduli della stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo, sono stati determinati coordinando opportunamente le caratteristiche dei moduli fotovoltaici con quelle degli inverter scelti, rispettando le seguenti 4 condizioni:

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

Complessivamente si dovranno realizzare **806 stringhe Elettriche da 27 moduli da 700Wp in serie e inverter di stringa** scelti.

Le stringhe fotovoltaiche saranno collegate in parallelo tra loro attraverso appositi **quadri di parallelo stringhe**, alloggiati direttamente sulle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici. Da ciascun quadro di parallelo, partirà una linea in corrente continua che arriverà fino al locale inverter dove verrà eseguito il collegamento al corrispondente inverter.

Le linee in corrente alternata alimentate dagli inverter di uno stesso sottocampo, saranno collegate ad un **quadro elettrico generale di bassa tensione** equipaggiato con **dispositivi di generatore** (tipicamente interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale) uno per ogni inverter e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico, attraverso il quale verrà realizzato il collegamento con l'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/MT.

Per ogni sottocampo verranno utilizzati **trasformatori elevatore**, la cui funzione è quella di innalzare la tensione del generatore fotovoltaico al livello necessario per eseguire il collegamento con la Rete Elettrica di media tensione del Distributore locale (20 kV).

I trasformatori saranno alloggiati in apposite cabine di trasformazione, disposti in posizione baricentrica rispetto ai generatori, in modo tale da ridurre le perdite per effetto Joule sulle linee di bassa tensione in corrente continua e in corrente alternata.

I trasformatori dell'impianto in questione saranno alimentati, rispettivamente, ognuno da una linea elettrica di media tensione a struttura radiale in cavo interrato **ARE4H5EX 3x(1x185) mm<sup>2</sup>**, la quale si svilupperà secondo il tracciato indicato nelle tavole allegate.

Di seguito si riporta l'insieme degli elementi costituenti il Lotto D'Impianti:

- 21.762 moduli fotovoltaici da 700Wp;
- 806 stringhe elettriche costituite da 27 moduli in serie;



- cavi elettrici di bassa tensione in corrente continua che dai quadri parallelo stringhe arrivano agli inverter;
- N° 75 inverter di stringa con potenza nominale 200 kW;
- cavi elettrici di bassa tensione che dagli inverter arrivano ai quadri elettrici BT installati all'interno delle cabine di trasformazione;
- N° 12 quadri elettrici generali di bassa tensione, ciascuno dotato di interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale (dispositivi di generatore), uno per ogni gruppo di conversione, e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per la protezione dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/MT;
- N° 9 trasformatori MT/BT da 2000 kVA, per il primo sottocampo;
- N° 3 Locale Utente MT prefabbricato di dimensioni pari a metri 6,74x2,5x2,6 m (L x l x h)
- N° 3 cabina Enel del tipo DG 2092 per le cabine di consegna
- N° 9 Locali adibiti all'ubicazione degli Inverter di Campo di tipo prefabbricato di dimensioni pari a metri 6,74x2,5x2,6 m (L x l x h)
- N° 9 Locali di trasformazione di dimensioni pari a metri 4,48x2,5x2,6 m (L x l x h)
- N° 1 Locale Tecnico prefabbricato di dimensioni pari a metri 6,74x2,5x2,6 m (L x l x h) (vi sarà un solo locale tecnico a servizio dell'intero lotto);
- N° 3 Quadro Elettrico di media tensione (all'interno del LOCALE UTENTE MT): sarà dotato di scomparto risalita cavi con sezionatore di linea; scomparto Dispositivo Generale + Dispositivo di Interfaccia, dotato di protezioni generali e d'interfaccia. Vi sono inoltre N° 3 scomparti partenza linea con protezioni generali ed uno scomparto protezioni trasformatore con interruttore di manovra sezionatore con fusibile;
- N° 3 linee elettriche di media tensione in cavo interrato ARE4H5EX 3x(1x185) mm<sup>2</sup>. Facenti parte dell'impianto 1 del Lotto;
- N° 3 linee elettriche di media tensione in cavo interrato ARE4H5EX 3x(1x185) mm<sup>2</sup>. Facenti parte dell'impianto 2 del Lotto;
- N° 3 linee elettriche di media tensione in cavo interrato ARE4H5EX 3x(1x185) mm<sup>2</sup>. Facenti parte dell'impianto 3 del Lotto.

## 2 CARATTERISTICHE TECNICHE

### 2.1 Moduli fotovoltaici

Premettendo che i moduli verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di realizzazione, in questa fase della progettazione, ai fini del dimensionamento di massima del generatore fotovoltaico si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici SunEvo in silicio da **700Wp** di tipo bifacciale.

Le caratteristiche elettriche tipiche dei moduli, misurate in condizioni standard **STC (AM=1,5; E=1000 W/m<sup>2</sup>; T=25 °C)** sono di seguito riportate:

**EVO6 Pro** SE6-66HBD

**680-700W**

#### Mechanical Data

Number of Cells	132 Cells (6x22)
Dimensions of Module L*W*H	2384 x 1303 x 35mm
Weight	38.2kg
Front Side Glass	High transparency solar glass 2.0mm
Back Side Glass	High transparency solar glass 2.0mm
Frame	Black/Silver, anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68 Rated, 3 Diodes
Cable	4.0mm <sup>2</sup> , Portrait: 350mm / Landscape: 1400mm
Wind/Snow Load	2400Pa/5400Pa*
Connector	MC Compatible
Bifaciality	80±5%

\* Please check the installation manual for more details.

#### Electrical Specification (STC\*)

Maximum Power (Pmax/W)	680	685	690	695	700
Maximum Power Voltage (Vmp/V)	41.49	41.65	41.80	41.95	42.10
Maximum Power Current (Imp/A)	16.39	16.45	16.51	16.57	16.63
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.5	49.66	49.82	49.98	50.13
Short Circuit Current (Isc/A)	17.19	17.25	17.31	17.37	17.43
Module Efficiency (%)	21.9	22.1	22.2	22.4	22.5
Power Output Tolerance (W)	0~+5				

\* Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5

#### Electrical Specification (BSTC\*)

Maximum Power (Pmax / W)	750	756	761	767	772
Maximum Power Voltage (Vmp / V)	41.49	41.65	41.80	41.95	42.10
Maximum Power Current (Imp / A)	18.08	18.16	18.21	18.29	18.34
Open Circuit Voltage (VOC / V)	49.50	49.66	49.82	49.98	50.13
Short Circuit Current (Isc / A)	19.96	19.04	19.09	19.17	19.22

\* Front side irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, back side irradiance 100W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 25°C, Air Mass 1.5

#### Maximum Ratings

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC
Max Series Fuse Rating	35A

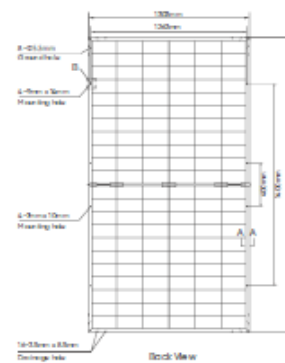
#### Temperature Ratings

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	44±2°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.04%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.26%/°C

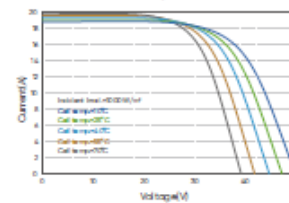
#### Packaging Configuration

Module per Box	31 pieces
Module per 40' Container	558 pieces

#### Module Dimension



I-V Curve of Different Temperature (680W)



I-V/P-V Curve of Different Temperature (680W)

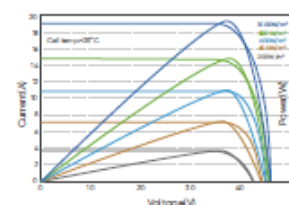


Figura 3: caratteristiche tecniche dei moduli fotovoltaici

## 2.2 Strutture di supporto

Le strutture di sostegno dei moduli saranno di tipologia fissa sub verticale, costituite da tubolari metallici in acciaio zincato a caldo opportunamente dimensionati e poste orizzontalmente assecondando la giacitura del terreno lungo la direzione EST-OVEST. Tali strutture avranno un'altezza minima da terra di circa 2,30 m e un'altezza massima di circa 4,10 m, considerando un'inclinazione dei pannelli di 45° posti orizzontalmente all'asse della struttura. I sostegni saranno di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo.

Si tratta di una struttura metallica costituita essenzialmente da:

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

Sinteticamente i vantaggi della struttura utilizzata si possono così riassumere:

- Logistica
  - Alto grado di prefabbricazione;
  - Montaggio facile e veloce;
  - Componenti del sistema perfettamente integrati.
- Materiali
  - Materiale interamente metallico (alluminio/inox) con notevole aspettativa di durata;
  - Materiali altamente riciclabili;
  - Aspetto leggero dovuto alla forma dei profili ottimizzata.
- Costruzione
  - Facilità di installazione di moduli laminati o con cornice;
  - Possibilità di regolazione per terreni accidentati;
  - Facile e vantaggiosa integrazione con un sistema parafulmine.

Per l'elaborato specifico in cui sono riportate piante, prospetti e particolari della struttura si rimanda all'elaborato D18 – Particolari strutture fisse sub verticali.



*Figura 4: Rappresentazione della struttura di supporto*

## **2.3 Cavi BT**

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

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

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

**CARATTERISTICHE TECNICHE:**

- Conduttore: rame elettrolitico, stagnato, classe 5 secondo IEC 60228

- Isolante: HEPR 120 °C
- Max. tensione di funzionamento 1,5 kV CC Tensione di prova 4kV, 50 Hz, 5 min.
- Intervallo di temperatura Da - 50°C a + 120°C
- Durata di vita attesa pari a 30 anni In condizioni di stress meccanico, esposizione a raggi UV, presenza di ozono, umidità, particolari temperature.
- Verifica del comportamento a lungo termine conforme alla Norma IEC 60216
- Resistenza alla corrosione
- Ampio intervallo di temperatura di utilizzo
- Resistenza ad abrasione
- Ottimo comportamento del cavo in caso di incendio: bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi
- Resistenza ad agenti chimici
- Facilità di assemblaggio
- Compatibilità ambientale e facilità di smaltimento.

La sezione dei cavi per i vari collegamenti è tale da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio e tali da garantire in ogni sezione una caduta di tensione non superiore al 2%. La portata dei cavi ( $I_z$ ) alla temperatura di 60°C indicata dal costruttore è maggiore della corrente di cortocircuito massima delle stringhe.

Per la realizzazione delle stringhe fotovoltaiche verranno utilizzati cavi solari H1Z2Z2-K, mentre per la realizzazione della restante parte di circuiti in corrente continua verranno utilizzati cavi elettrici ordinari, opportunamente dimensionati dal punto di vista dell'isolamento e della sollecitazione termica.

Le linee saranno in cavo interrato all'interno di tubazione protettiva in PVC, posta ad una profondità di posa adeguata. I tubi protettivi avranno un diametro almeno 1,4 volte quello del cavo o del cerchio circoscritto ai cavi, per permettere un facile infilaggio.

All'interno della trincea di scavo la presenza dei cavi elettrici verrà segnalata con apposito nastro di segnalazione che verrà posato lungo lo scavo.

Le modalità di posa dei cavi BT in corrente alternata (in cunicoli, tubi protettivi, sottopavimento, etc...) verranno definite in fase di progettazione esecutiva.

## 2.4 Quadri parallelo stringhe

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

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

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

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

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

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

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

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

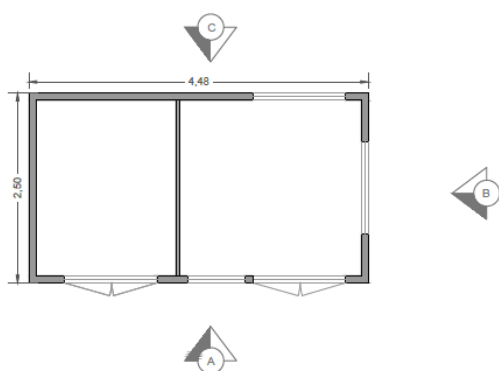
I suddetti quadri di campo realizzano il sezionamento ed il parallelo delle stringhe dei moduli provenienti dal campo fotovoltaico.

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

## 2.5 Cabine di Campo

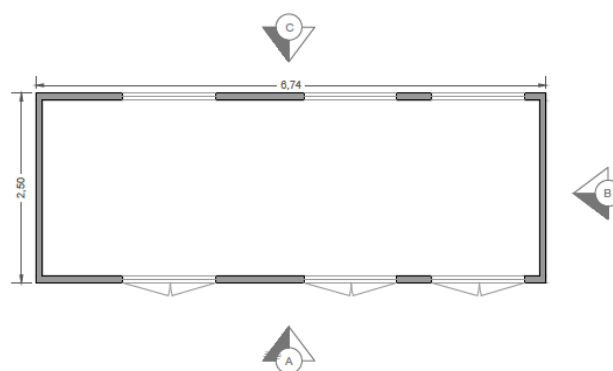
Come già descritto in precedenza, all'interno dell'impianto d'utenza saranno presenti locali di conversione e di trasformazione a servizio di inverter e trasformatori, un locale tecnico a servizio dell'intero lotto e tre locali MT per la porzione di impianto del lotto oggetto della relazione. Nel dettaglio, possiamo distinguere le seguenti cabine:

### CABINE TRASFORMATORE

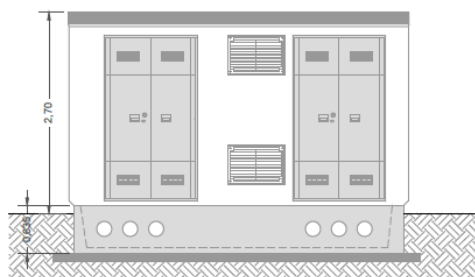


PIANTA - SCALA 1:100

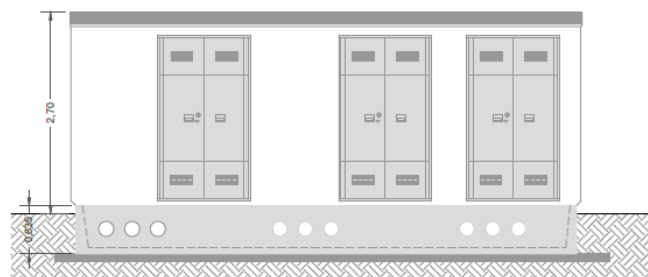
### CABINE INVERTER/LOCALI MT UTENTE /LOCALE TECNICO



PIANTA - SCALA 1:100



PROSPETTO "A" - SCALA 1:100



PROSPETTO "A" - SCALA 1:100

## 2.5.1 Inverter

In fase di progettazione definitiva, sono stati scelti inverter multistringa **HUAWEI SUN2000-215KTL** le cui caratteristiche tecniche vengono di seguito riportate:

### SUN2000-215KTL-H3 Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.6%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	3
Max. Current per MPPT	100A/100A/100A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ~ 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 1%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (191.8 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

*Figura 5: scheda tecnica inverter multistringa HUAWEI SUN2000-215KTL*



Considerando che la potenza nominale<sup>2</sup> di ciascun impianto facente parte del lotto, dichiarata in fase di richiesta di connessione alla rete, è pari a **5000 kW**, è stato calcolato il numero di inverter necessari applicando la seguente relazione:

$$n^{\circ} \text{ inverter} = \frac{\text{Potenza nominale impianto [kW]}}{\text{Potenza nominale del singolo inverter [kW]}} = \frac{5000}{200} = 25$$

i quali verranno installati in prossimità delle stringe fotovoltaiche ivi sottese in posizione quanto più possibile baricentrica in modo tale da ottimizzare l'estensione delle linee elettriche di bassa tensione in corrente continua.

Complessivamente verranno installati nell'intero Lotto d'Impianti 75 Inverter del tipo descritto in questo capitolo.

## **2.6 Dispositivi di generatore DDG**

La configurazione impiantistica adottata prevede la presenza di n°75 dispositivi di generatore la cui apertura, comandata da un apposito sistema di protezione, determina la separazione del gruppo di generazione dalla rete, consentendo all'impianto stesso l'eventuale funzionamento in isola sui carichi privilegiati.

## **2.7 Linee elettriche MT in Cavo interrato di collegamento tra il quadro elettrico generale (locale utente) ed i trasformatori**

Per il dimensionamento elettrico è stato applicato il criterio termico, ipotizzando, in questa fase della progettazione, delle condizioni di posa e di installazione di tipo standard:

- cavi posati direttamente nel terreno (posa diretta);
- profondità di posa variabile di 1,2 m;
- resistività termica del terreno 1°C m/W;

Per la valutazione della corrente di impiego della linea, si è fatto riferimento alla *condizione di carico più gravosa*, la quale prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale da parte dei trasformatori.

Sotto queste ipotesi, l'espressione che consente di calcolare la corrente di impiego è la seguente:

---

<sup>2</sup> Ai sensi della Norma CEI 0-16 per potenza nominale dell'impianto fotovoltaico si intende la somma delle potenze nominali degli inverter installati.

$$I_B = \frac{\sum_{i=1} Ani}{\sqrt{3} \times Vn}$$

dove:

- $I_B$  è la corrente di impiego da assumere come riferimento ai fini del dimensionamento della linea;
- $A_{ni}$  è la potenza apparente della Power Station  $i$ -esima, in kVA;
- $Vn$  è la tensione nominale della linea, in kV.

Sostituendo i valori si ottiene:

$$I_B = \frac{\sum_{i=1}^2 Ani}{\sqrt{3} \times Vn}$$

Sulla base di quanto premesso e come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate e dallo schema elettrico unifilare dell'impianto, il layout proposto prevede:

### **Impianto 1**

n° 3 linee elettriche in cavo interrato elettrificate a 20 kV, ciascuna delle quali alimenta in antenna una cabina elettrica di trasformazione:

- Linea MT n° 1 a servizio della cabina di trasformazione n° 1 equipaggiata con un trasformatore di potenza da 2000 kVA;
- Linea MT n° 2 a servizio della cabina di trasformazione n° 1 equipaggiata con un trasformatore di potenza da 2000 kVA;
- Linea MT n° 3 a servizio della cabina di trasformazione n° 1 equipaggiata con un trasformatore di potenza da 2000 kVA.

Sono state individuate le sezioni commerciali da adottare ottenendo i risultati riportati nella tabella seguente:

Denominazione linea	Lunghezza [km]	N° di trasformatori interconnessi	I <sub>B</sub> [A]	Numero di circuiti presenti nella stessa trincea di scavo <sup>3</sup>	Fattore correttivo K <sub>2</sub>	Formazione	I <sub>z</sub> [A]	ΔV%
Linea n° 1	0,034	1	58	3	0,85	3x(1x185) mm <sup>2</sup>	300	< 2%
Linea n° 2	0,729	1	58	3	0,85	3x(1x185) mm <sup>2</sup>	300	< 2%
Linea n° 3	0,895	1	58	3	0,85	3x(1x185) mm <sup>2</sup>	300	< 2%

*Tabella 1: riepilogo risultati dimensionamento e verifica linee MT 20 kV impianto 1*

## Impianto 2

Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate e dallo schema elettrico unifilare dell'impianto, il layout proposto prevede n° 3 linee elettriche in cavo interrato elettrificate a 20 kV, ciascuna delle quali alimenta in antenna una cabina elettrica di trasformazione:

- Linea MT n° 1 a servizio della cabina di trasformazione n° 1 equipaggiata con un trasformatore di potenza da 2000 kVA;
- Linea MT n° 2 a servizio della cabina di trasformazione n° 1 equipaggiata con un trasformatore di potenza da 2000 kVA;
- Linea MT n° 3 a servizio della cabina di trasformazione n° 1 equipaggiata con un trasformatore di potenza da 2000 kVA.

Sono state individuate le sezioni commerciali da adottare ottenendo i risultati riportati nella tabella seguente:

<sup>3</sup> Per la determinazione del coefficiente correttivo della portata da applicare in caso di più circuiti elettricamente indipendenti installati all'interno della stessa trincea di scavo, si è fatto riferimento al primo tratto di trincea nelle immediate vicinanze della cabina di raccolta, dove sono previste n° 3 terne di cavi.

Denominazione linea	Lunghezza [km]	N° di trasformatori interconnessi	I <sub>B</sub> [A]	Numero di circuiti presenti nella stessa trincea di scavo <sup>4</sup>	Fattore correttivo K <sub>2</sub>	Formazione	I <sub>z</sub> [A]	ΔV%
Linea n° 1	0,388	1	58	3	0,90	3x(1x185) mm <sup>2</sup>	317	< 2%
Linea n° 2	0,165	1	58	3	0,90	3x(1x185) mm <sup>2</sup>	317	< 2%
Linea n° 3	0,315	1	58	3	0,80	3x(1x185) mm <sup>2</sup>	282	< 2%

*Tabella 2: riepilogo risultati dimensionamento e verifica linee MT 20 kV impianto 2*

### Impianto 3

Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate e dallo schema elettrico unifilare dell'impianto, il layout proposto prevede n° 3 linee elettriche in cavo interrato elettrificate a 20 kV, ciascuna delle quali alimenta in antenna una cabina elettrica di trasformazione:

- Linea MT n° 1 a servizio della cabina di trasformazione n° 1 equipaggiata con un trasformatore di potenza da 2000 kVA;
- Linea MT n° 2 a servizio della cabina di trasformazione n° 1 equipaggiata con un trasformatore di potenza da 2000 kVA;
- Linea MT n° 3 a servizio della cabina di trasformazione n° 1 equipaggiata con un trasformatore di potenza da 2000 kVA.

Sono state individuate le sezioni commerciali da adottare ottenendo i risultati riportati nella tabella seguente:

<sup>4</sup> Per la determinazione del coefficiente correttivo della portata da applicare in caso di più circuiti elettricamente indipendenti installati all'interno della stessa trincea di scavo, si è fatto riferimento al primo tratto di trincea nelle immediate vicinanze della cabina di raccolta, dove sono previste n° 3 terne di cavi.

Denominazione linea	Lunghezza [km]	N° di trasformatori interconnessi	I <sub>B</sub> [A]	Numero di circuiti presenti nella stessa trincea di scavo <sup>5</sup>	Fattore correttivo K <sub>2</sub>	Formazione	I <sub>z</sub> [A]	ΔV%
Linea n° 1	0,600	1	58	4	0,8	3x(1x185) mm <sup>2</sup>	282	< 2%
Linea n° 2	0,498	1	58	4	0,8	3x(1x185) mm <sup>2</sup>	282	< 2%
Linea n° 3	0,582	1	58	4	0,8	3x(1x185) mm <sup>2</sup>	282	< 2%

*Tabella 3: riepilogo risultati dimensionamento e verifica linee MT 20 kV impianto 3*

## 2.8 Quadro elettrico generale di media tensione

Nel Lotto d'Impianti Vi saranno 3 Locali MT Utente, uno per ognuno dei 3 impianti a formare il Lotto. All'interno di ognuno dei 3 Locali MT Utente vi sarà un quadro elettrico di media tensione, avente le seguenti caratteristiche:

Il quadro elettrico di media tensione, di tipo protetto, sarà costituito dai seguenti scomparti:

- **scomparto risalita cavo**, contenente un sezionatore di linea, un sezionatore di terra manovrabile e un sistema di presenza tensione con isolatori capacitivi e lampade;
- **scomparto interruttore generale**, contenente il dispositivo generale (DG+DI), costituito da un interruttore tripolare e un sezionatore di linea. Esso sarà dotato del sistema di protezione generale (SPG) richiesto dalla Norma CEI 0-16, e comprenderà i seguenti relè di protezione:
  - protezione di massima corrente di fase a due soglie (I>> e I>>>);
  - protezione di massima corrente omopolare a una soglia (I<sub>0</sub>>>);
  - protezione direzionale di terra a due soglie (67N.S1 e 67N.S2).
  - protezione di massima tensione omopolare (59N).
- **Scomparto partenza linea MT** costituito da un sezionatore di linea ed un interruttore tripolare, dotato delle seguenti protezioni:
  - protezione di massima corrente di fase a due soglie (I>> e I>>>);

<sup>5</sup> Per la determinazione del coefficiente correttivo della portata da applicare in caso di più circuiti elettricamente indipendenti installati all'interno della stessa trincea di scavo, si è fatto riferimento al primo tratto di trincea nelle immediate vicinanze della cabina di raccolta, dove sono previste n° 3 terne di cavi.

- protezione di massima corrente omopolare a una soglia ( $I_0 \gg$ );
- protezione direzionale di terra a due soglie (67N.S1 e 67N.S2)

Lo stesso dispositivo svolgerà anche la funzione di protezione di interfaccia (PI) e pertanto sarà corredato delle ulteriori seguenti protezioni:

- protezione di minima tensione (27);
- protezione di massima tensione (59);
- protezione di minima frequenza ( $81 <$ );
- protezione di minima frequenza ( $81 <$ );
- **Scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari** costituito da un interruttore di manovra sezionatore con fusibile.

In un apposito vano interno al locale Utente, verrà posato in opera un trasformatore MT/BT, per l'alimentazione dei servizi ausiliari, avente le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale: 160kVA
- Rapporto di trasformazione nominale: 20/0,4kV

Ai sensi della Norma CEI 0-16, verrà fornita al locale di competenza del Distributore un'alimentazione trifase BT con neutro, derivata dal quadro elettrico generale di bassa tensione alimentato dal trasformatore sopra citato.

Per maggiori dettagli sul quadro generale di media tensione, si rimanda ad apposito schema elettrico unifilare allegato.

## 2.9 Gruppi di misura dell'energia

All'interno dell'intero Lotto d'Impianti è prevista l'installazione di:

- N. 9 gruppi di misura dell'energia elettrica prodotta dai campi fotovoltaici;
- N. 3 gruppo di misura attraverso cui contabilizzare l'energia elettrica assorbita dai servizi ausiliari;
- N. 3 gruppo di misura di tipo bi-direzionale per contabilizzare l'energia elettrica scambiata con la rete. Il gruppo di misura bi-direzionale sarà collocato in uno scomparto di ogni cabina di consegna e verrà collegato al trasformatore amperometrico ed al trasformatore voltmetrico all'interno dello scomparto di consegna;

### 2.10 Valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto

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

#### 2.10.1 Valutazione delle prestazioni in energia

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

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

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

$$Pre = Eca / Eca\_producibile\_ (Hi, Pn, Tcel)$$

dove:

Eca producibile ( $H_i, P_n, T_{cel}$ ) è l'energia producibile in corrente alternata, determinata in funzione della radiazione solare incidente sul piano dei moduli ( $H_i$ ), della potenza nominale dell'impianto ( $P_n$ ) e della temperatura di funzionamento della cella fotovoltaica ( $T_{cel}$ ).

### 2.10.2 Valutazione delle prestazioni in potenza

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

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

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

$$PRp = P_{ca} / P_{ca\_producibile\_}(G_p, P_n, T_{cel}) = P_{ca} / (R_{fv}^2 \times G_p / G_{stc} \times P_n) > 0,78 \text{ se } P_{inv} \leq 20 \text{ kW}$$

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

Dove:

- $R_{fv}^2$  è calcolato secondo l'espressione;
- $P_{inv}$  è la potenza nominale dell'inverter.

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

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

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



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

## **3 SICUREZZA ELETTRICA**

### **3.1 Protezione dalle sovracorrenti**

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

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

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

dove:

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

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

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

### **3.2 Protezione contro i contatti diretti**

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

### **3.3 Protezione contro i contatti indiretti**

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