

REGIONE EMILIA ROMAGNA  
Provincia di Piacenza  
Comune di Podenzano

*PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTVOLTAICO CON ACCUMULO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE DELLA POTENZA DI PICCO DI 7,98 MWp ED OPERE CONNESSE, DA REALIZZARE NELLA CONTRADA MAIANO DI SOTTO DEL COMUNE DI PODENZANO*

PROPONENTE



GPC SETTE s.r.l.  
via Sardegna 69  
00187 Roma

ELABORATO

Relazione elettrica e calcoli impianti elettrici

**R.3**

PROGETTISTA

ing. giuseppe pipitone  
via libero grassi, 8  
91011 alcamo (tp)  
e-mail: ing.giuseppepipitone@gmail.com



GRUPPO DI LAVORO

- **sinergo**

Sinergo Spa - via Ca' Bembo, 152  
30030, Maerne di Martellago - Venezia - Italia  
www.sinergospa.com - info@sinergospa.com

Ingegnere Filippo Bittante

- Dott. Geol. M. Mannini

00	novembre 2024	Prima emissione	Giuseppe Pipitone		
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

FORMATO  
ISO A4 - 297 x 210

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
1.1. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO .....	3
<b>2. NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
2.1. NORME TECNICHE E LEGGI DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE .....	5
<b>3. DEFINIZIONI</b> .....	<b>7</b>
3.1. DATI DI PROGETTO .....	8
<b>4. PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO</b> .....	<b>12</b>
<b>5. DESCRIZIONE DEL SISTEMA</b> .....	<b>13</b>
5.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO .....	13
5.1.1 Moduli fotovoltaici in silicio monocristallino.....	13
5.1.2 String Box .....	16
5.1.3 Power station d'impianto - Inverter fotovoltaici e trasformatori BT/MT.....	17
5.1.4 Sistema di accumulo (BESS).....	22
<b>6. CAVIDOTTI</b> .....	<b>23</b>
6.1 CAVIDOTTI BT .....	23
6.1.1 Tipologie di cavo BT.....	23
6.1.2 Calcolo delle linee elettriche in cavo .....	25
6.1.3 Circuiti elettrici .....	29
6.1.4 Cadute di tensione.....	29
6.1.5 Prescrizioni generali .....	29
6.1.5 Quadri elettrici .....	30
6.2 CAVIDOTTI MT .....	30
6.2.1 Premesse .....	30
6.2.2 Tipologie di posa cavidotti .....	32
6.2.3 Condizioni progettuali di posa.....	33
6.2.4 Calcoli elettrici cavidotti.....	34
<b>7. SICUREZZA DELL'IMPIANTO</b> .....	<b>35</b>
7.1 PROTEZIONE DA CORTI CIRCUITI SUL LATO C.C. DELL'IMPIANTO .....	35
7.2 PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO C.C.....	36
7.3 PROTEZIONE DALLE FULMINAZIONI.....	36
7.4 SICUREZZE SUL LATO C.A. DELL'IMPIANTO.....	37
7.5 PREVENZIONE DAL FUNZIONAMENTO IN ISOLA.....	37
7.6 IMPIANTO DI MESSA A TERRA.....	37

## **1. PREMESSA**

La presente relazione ha lo scopo di fornire una descrizione tecnica generale del progetto di un impianto di generazione elettrica con accumulo e delle relative opere connesse mediante l'utilizzo di una fonte di energia rinnovabile solare ubicato nella Provincia di Piacenza, sui territori dei Comuni di Podenzano e di Vigolzone (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto"). Nello specifico sul territorio del Comune di Podenzano ricadono l'intero impianto di produzione e di accumulo nonché la maggior porzione delle opere connesse, per cui l'Amministrazione competente è individuata nel Comune di Podenzano che acquisirà le eventuali osservazioni del Comune di Vigolzone.

L'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente: la produzione di energia elettrica senza emissione di alcuna sostanza inquinante, il risparmio di combustibile fossile, nessun inquinamento acustico e disponibilità dell'energia anche in località disagiate e lontane dalle grandi dorsali elettriche.

L'impianto sarà del tipo "Grid-connected" cioè funzionerà in parallelo alla rete di distribuzione dell'energia cedendo totalmente l'energia elettrica alla rete.

In termini più generali, l'iniziativa s'inquadra nel piano di realizzazione di impianti per la produzione d'energia fotovoltaica che la società "GPC SETTE s.r.l.", intende realizzare nella Regione Emilia Romagna per contribuire, per quanto nelle proprie possibilità, al soddisfacimento delle esigenze d'energia pulita e sviluppo sostenibile sancite dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997 e ribadite nella "Strategia Energetica Nazionale 2017, nel PNIEC (Piano Nazionale Energia e Clima) i cui obiettivi sono stati resi ancora più ambiziosi dall'ultima Direttiva Europea RED III adottata nel Consiglio Europeo nell'ottobre 2023.

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a 7.980 kWp, di tipo grid-connected in modalità trifase, dotato di un

sistema di accumulo dell'energia elettrica (BESS) di 20 MWh che verrà immessa in rete nei limiti della potenza disponibile in immissione di 6 MVA..

L'impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato su inseguitori monoassiali fissati al terreno attraverso l'infissione di profilati metallici con altezza al mozzo di 1,60 m circa al fine di lasciare uno spazio libero al di sotto dei moduli per la pulizia e sfalcio del terreno al di sotto degli inseguitori.

L'energia elettrica da essi prodotta verrà convogliata ai 4 gruppi di conversione (inverter centralizzati) distribuiti all'interno di n. 2 Power Station (PS-1 e PS-2) posizionate in maniera pressoché baricentrica rispetto ai n. 4 sottocampi in cui l'impianto è suddiviso (rif. Elaborato grafico "Tav. 2-2-1 - Planimetria suddivisione campi rev00").

Da tali 2 Power Station, infine, tramite collegamenti interrati in MT del Produttore, l'energia verrà trasportata fino alla Cabina Utente e quindi alla adiacente Cabina di Consegna ubicata su un'area da frazionare di più ampie dimensioni, nella disponibilità del Produttore, all'interno della particella 520 del medesimo foglio catastale 36 del N.C.T. del Comune di Podenzano, con accesso per il Distributore dalla viabilità pubblica su specifica servitù di accesso che sarà concessa dal Produttore.

La consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto avverrà conformemente al preventivo di connessione (Soluzione Tecnica Minima Generale) trasmesso da E-distribuzione S.p.A. in data 28/06/2024 ed avente codice di rintracciabilità 424096225. In particolare l'energia prodotta dal nuovo impianto sarà collegata in antenna, tramite cavidotto interrato, da Cabina Primaria esistente AT/MT "GRAZZANO VISCONTI" di e-distribuzione S.p.A.

### **1.1. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO**

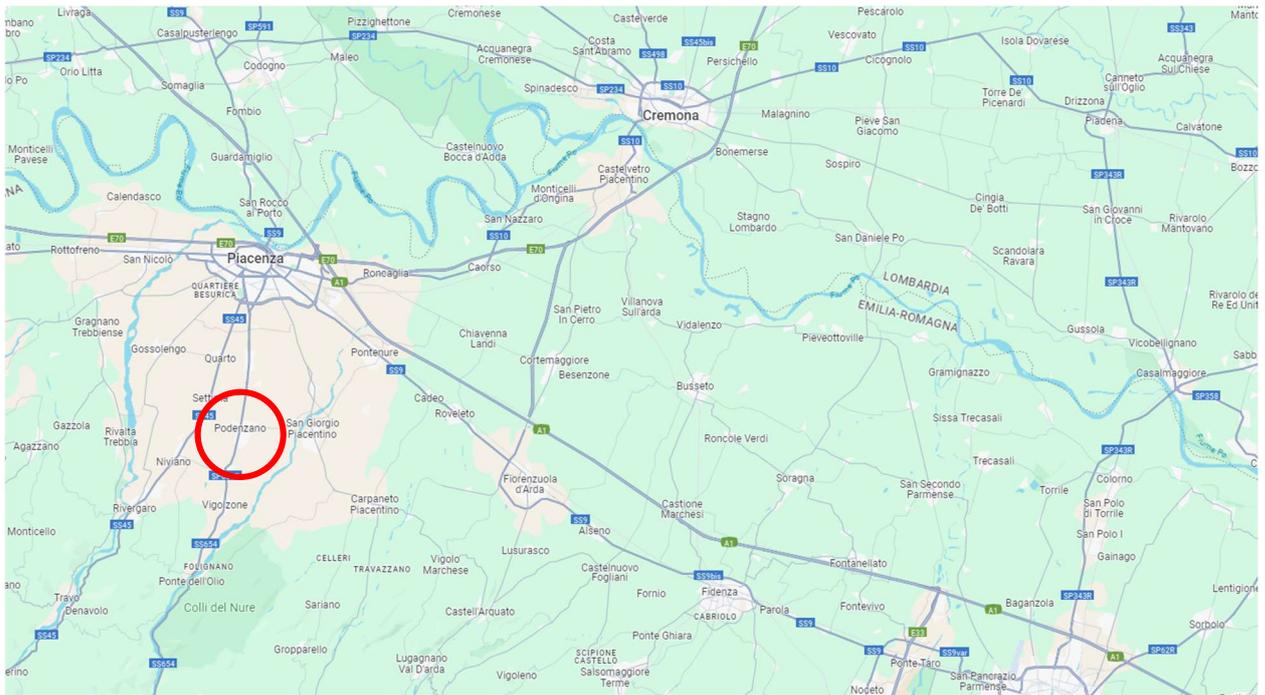
Il sito del costruendo impianto è ubicato all'interno del territorio del Comune di Podenzano (PC), nella parte nord-orientale della Regione Emilia Romagna.

L'area in oggetto ricade nella Carta Tecnica Regionale n. 264024.

La zona è caratterizzata da un valore annuo di irraggiamento nel piano di 1.297 kWh/m<sup>2</sup>, valore che rende il sito adatto ad applicazioni di tipo fotovoltaico. L'irraggiamento è, infatti, la quantità di energia solare incidente su una superficie unitaria in un determinato intervallo di tempo, tipicamente un giorno (kWh/m<sup>2</sup>\*giorno), questo è influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia ecc..) e dipende dalla latitudine del luogo: come è noto cresce quanto più ci si avvicina all'equatore.

Il territorio interessato è pianeggiante.

Di seguito si riportano due immagini per una immediata localizzazione del sito interessato dall'impianto, mentre per un più dettagliato inquadramento geografico dell'area in questione si rimanda alle tavole in allegato.



*Immagine 1.1 inquadramento geografico sito d'interesse*

## **2. NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO**

### **2.1. NORME TECNICHE E LEGGI DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE**

Per quanto attiene invece alla normativa tecnica e alle leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici si riportano:

Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 , n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

DECRETO 22 Gennaio 2008, n.37, regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11- quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005

D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;

D.M 17/01/2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni;

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;

---

CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;

CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;

CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;

CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;

CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;

CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;

CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);

CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili -Parte 1: Definizioni;

CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per b.t.;

CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;

CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

CEI EN 60099-1-2: Scaricatori;

CEI 81-10: Protezione delle strutture contro i fulmini e valutazione del rischio dovuto a fulmine;

CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro

quadrato;

CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione;

CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

UNI 10349: Riscaldamento e rinfrescamento degli edifici. Dati climatici;

CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;

IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems;

CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

CEI 20-11 Caratteristiche tecniche e specifiche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine per cavi energia e segnalamento;

CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso ingomma per tensioni nominali tra 1-30KV

CEI 20-21 Calcolo delle portate dei cavi;

CEI 20-43 Ottimizzazione economica delle sezioni di condutture dei cavi elettrici per l'energia

### **3. DEFINIZIONI**

- a) Impianto o sistema fotovoltaico è un impianto di produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della radiazione solare, tramite l'effetto fotovoltaico; esso è composto principalmente da un insieme di moduli fotovoltaici, uno o più convertitori della corrente continua in corrente alternata e altri componenti minori;

- b) potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) dell'impianto fotovoltaico è la potenza elettrica dell'impianto, determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o massime, o di picco, o di targa) di ciascun modulo fotovoltaico facente parte del medesimo impianto, misurate alle condizioni nominali, come definite alla lettera d); Nel caso di generatori FV, la potenza attiva massima erogabile è limitata dalla potenza nominale dell'inverter, qualora questa sia minore della somma delle potenze STC dei moduli FV;
- c) energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico è l'energia elettrica misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche del soggetto responsabile e/o immessa nella rete elettrica;
- d) condizioni nominali sono le condizioni di temperatura e di irraggiamento solare, nelle quali sono rilevate le prestazioni dei moduli fotovoltaici, come definite nelle norme CEI EN 60904-1 di cui all'allegato 1;
- e) punto di connessione è il punto della rete elettrica, di competenza del gestore di rete, nel quale l'impianto fotovoltaico viene collegato alla rete elettrica.

### **3.1. DATI DI PROGETTO**

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico si trova nella zona urbanistica denominata "Ambiti periurbani" di cui all'art. 2.5.5 delle N.T.S. del P.S.C. vigente ed all'art. 2.6.6 del R.U.E. vigente del Comune di Podenzano, a circa 125 metri sul livello medio del mare.

Il campo fotovoltaico risulterà suddiviso in 4 sottocampi collegati a 2 Power Station come da tabella di seguito riportata:

SUDDIVISIONE SOTTOCAMPI			
Campo	Power Station	Sottocampi	n. pannelli
FV PODENZANO	PS1	1.1	3 192
		1.2	3 192
	PS2	2.1	3 192
		2.2	3 192
		<b>Totali</b>	<b>12 768</b>

*Tabella 1 - Suddivisione impianto in sottocampi*

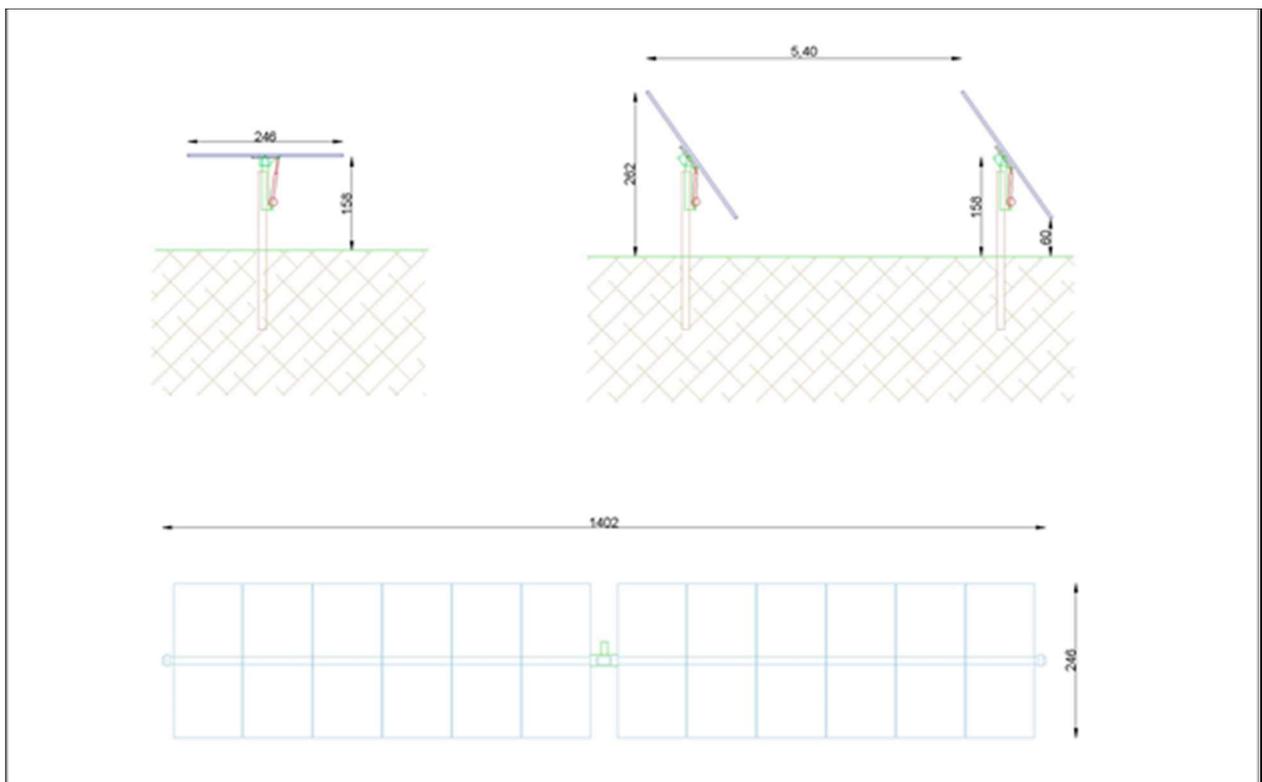
Da quanto progettato discendono i seguenti dati:

Elementi fisici impianto	Superficie Impegnata [Ha]	Incidenza percentuale
Proprietà in acquisto	11,46	100,00%
Camminamenti e viabilità interna	1,24	10,82%
Fasce di rispetto da centuria e gasdotto	0,36	3,13%
Area cabine	0,01	0,09%
Corridoi tra i pannelli	6,22	54,28%
Area BESS	0,06	0,52%
Area pannellata (inseguitori)	3,57	31,16%

L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da un totale di 12.768 moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino di potenza nominale di 625 Wp ciascuno.

I moduli saranno poggiati su strutture ad inseguimento monoassiale con asse di rotazione lungo la direttrice Nord Sud che permettono al piano dei pannelli di seguire la rotazione del sole E-O. Le strutture saranno infisse a terra e connesse elettricamente in stringhe serie/parallelo su quadri di campo in bassa tensione distribuiti all'interno del campo fotovoltaico.

I pannelli sono supportati da profilati ad omega trasversali alla struttura, che a loro volta sono connessi mediante un corrente longitudinale con sezione quadrata. Grazie a questo sistema la parte mobile è in grado di ruotare intorno ad un asse orizzontale con un angolo di rotazione di  $\pm 55^\circ$ , sfruttando così al meglio l'assorbimento dell'energia solare.



*Figura 2 -Particolare strutture portamoduli*

L'interdistanza tra le strutture vicine è di 5,40 m, ciò al fine di massimizzare la produzione evitando fenomeni di ombreggiamento reciproco

I moduli saranno collegati in serie per formare una stringa, che, a sua volta collegata in parallelo con altre stringhe, andrà a costituire un sottocampo; più sottocampi infine, collegati in parallelo nei quadri di campo, convoglieranno l'energia prodotta in c.c. alle n. 2 power station dislocate all'interno del campo fotovoltaico in maniera pressoché baricentrica.

Tali power station, denominate PS1 e PS2, sono composte ciascuna da n. 2 inverter, che convertiranno l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici da corrente continua in corrente alternata, e da n. 2 trasformatori bt/Mt che eseguiranno la trasformazione in media tensione a 15.000 V dell'energia prodotta.

Dalle due Power Station l'energia in MT verrà addotta fino alla cabina utente MT mediante cavi interrati in MT interni al campo di produzione, e quindi fino alla adiacente cabina di consegna prefabbricata del tipo DG2093 ed. 1 di dimensioni diverse dallo standard in quanto esplicitamente prescritta da e-distribuzione nel preventivo di connessione. Sia la cabina utente che la cabina di consegna verranno posate al di fuori del campo di produzione su un'area di circa 200 m<sup>2</sup>, da frazionare dalla p.lla 520 del medesimo foglio 36 di più ampie dimensioni, ubicata a sud-est dell'area di impianto al fine di renderne agevole accesso al Distributore mediante concessione di specifica servitù da parte del Produttore.

La consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto avverrà conformemente al preventivo di connessione (Soluzione Tecnica Minima Generale) trasmesso da E-distribuzione S.p.A. in data 05/08/2024 ed avente codice di rintracciabilità 424096225. In particolare l'energia prodotta dal nuovo impianto sarà collegata in antenna tramite cavidotto interrato dalla Cabina Primaria esistente AT/MT "GRAZZANO VISCONTI" di e-distribuzione S.p.A.

Nella tabella seguente si riportano i dati principali dell'impianto:

DATI DI PROGETTO	
<b>STRUTTURE DI SOSTEGNO</b>	
Tipologia strutture	tracker
tilt	+ - 55°
azimut	0°
<b>MODULI</b>	
Tipologia moduli	silicio monocristallino
Potenza di picco modulo [Wp]	625
Tolleranza potenza [Wp]	+3%
Efficienza modulo [%]	22,36
<b>CONVERSIONE</b>	
Tipologia inverter	centralizzati
Taglia di potenza [kW]	1500
Istallazione	cabina prefabbricata
Tensione max DC [V]	1500 V
Tensione in AC nominale [V]	590 V
<b>DATI DI IMPIANTO</b>	
Numero totale moduli	12 768
Potenza totale impianto DC [kWp]	7 980,00
Numero totale inverter	4
Potenza nominale impianto AC [kW]	6 000

*Tabella 2 - Dati principali dell'impianto*

#### **4. PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO**

L'energia massima producibile teoricamente in un anno dall'impianto è data dal prodotto della radiazione media annua incidente sul piano dei moduli per la potenza nominale dell'impianto.

L'analisi di producibilità ha restituito una stima di produzione di energia elettrica in un anno è pari a 11,81 GWh circa.

Le analisi sono state effettuate a mezzo di software PV Syst 7.4.8, per i cui dettagli si rinvia allo specifico elaborato "R.4 – Studio della producibilità rev00".

La somma delle potenze nominali degli inverter installati è 6.000 kVA e il fattore DC/AC medio di impianto è pari a 1,33.

## **5. DESCRIZIONE DEL SISTEMA**

### **5.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO**

#### **5.1.1 Moduli fotovoltaici in silicio monocristallino**

Il modulo fotovoltaico trasforma la radiazione solare incidente sulla sua superficie in corrente continua che sarà poi convertita in corrente alternata dal gruppo di conversione. Esso risulta costituito dai seguenti componenti principali:

- Celle di silicio cristallino;
- diodi di by-pass e diodi di blocco
- vetri antiriflesso contenitori delle celle
- cornice di supporto in alluminio anodizzato
- cavi di collegamento con connettori.

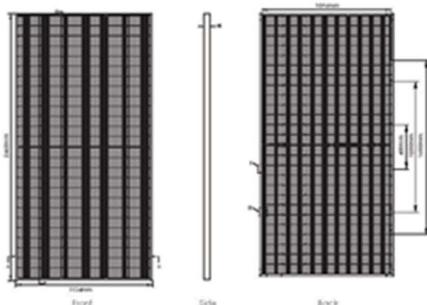
I moduli fotovoltaici garantiranno una idonea resistenza al vento, alla neve, agli sbalzi di temperatura, in modo da assicurare un tempo di vita di almeno 30 anni. Ogni modulo sarà inoltre dotato di scatola di giunzione stagna, con grado di protezione IP 65, contenente i diodi di by-pass ed i morsetti di connessione. I moduli fotovoltaici avranno una garanzia sul decadimento delle prestazioni che sarà non superiore al 10% nell'arco di almeno 20 anni.

Per il progetto si prevede di utilizzare dei moduli monocristallini da 625 Wp bifacciali, marca Jinko Solar modello JKM625N-78HL4-V o equivalenti, aventi le seguenti caratteristiche:

- MAX POWER  $P_m$ (W): 625 W
- OPEN CIRCUIT VOLTAGE  $V_{oc}$  (V): 55,72
- MAX-POWER VOLTAGE  $V_m$ (V): 46,10 V

- MAX-POWER CURRENT  $I_m(A)$ : 13,56 A
- MAX SYSTEM VOLTAGE (Vdc): 1500 V
- MODULES DIMENSIONS: 2465x1134x30 mm
- WEIGHT : 34,6 kg

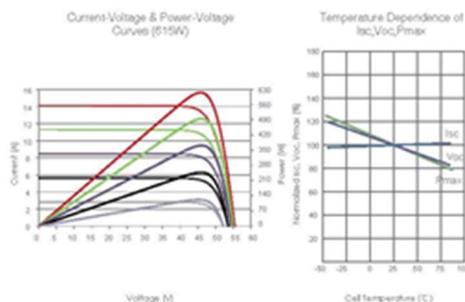
### Engineering Drawings



### Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)  
36pcs/pallets, 72pcs/stack, 576pcs/ 40'HQ Container

### Bechtical Performance & Temperature Dependence



### Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2*78)
Dimensions	2465*1134*30mm (97.05*44.65*1.18 inch)
Weight	34.6kg (76.38 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Streng thened Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1*4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

### SPECIFICATIONS

Module Type	JKM605N-78HL4-BDV		JKM610N-78HL4-BDV		JKM615N-78HL4-BDV		JKM620N-78HL4-BDV		JKM625N-78HL4-BDV	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	605Wp	455Wp	610Wp	459Wp	615Wp	462Wp	620Wp	466Wp	625Wp	470Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	45.42V	42.23V	45.60V	42.35V	45.77V	42.46V	45.93V	42.57V	46.10V	42.68V
Maximum Power Current (Imp)	13.32A	10.77A	13.36A	10.83A	13.44A	10.89A	13.50A	10.95A	13.56A	11.01A
Open-circuit Voltage (Voc)	55.17V	52.41V	55.31V	52.54V	55.44V	52.66V	55.58V	52.79V	55.72V	52.93V
Short-circuit Current (Isc)	13.95A	11.26A	14.03A	11.33A	14.11A	11.39A	14.19A	11.46A	14.27A	11.52A
Module Efficiency STC (%)	21.64%		21.82%		22.00%		22.18%		22.36%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+65°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	60±5%									

### BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		JKM605N-78HL4-BDV	JKM610N-78HL4-BDV	JKM615N-78HL4-BDV	JKM620N-78HL4-BDV	JKM625N-78HL4-BDV
5%	Maximum Power (Pmax)	635Wp	641Wp	646Wp	651Wp	656Wp
	Module Efficiency STC (%)	22.73%	22.91%	23.10%	23.29%	23.48%
15%	Maximum Power (Pmax)	696Wp	702Wp	707Wp	713Wp	719Wp
	Module Efficiency STC (%)	24.89%	25.10%	25.30%	25.51%	25.71%
25%	Maximum Power (Pmax)	756Wp	763Wp	769Wp	775Wp	781Wp
	Module Efficiency STC (%)	27.05%	27.28%	27.50%	27.73%	27.95%

\*STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5  
NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

©2022 Jinko Solar Co., Ltd. All rights reserved.  
Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

JKM605-625N-78HL4-BDV-F3-EN

### 5.1.2 String Box

In un impianto fotovoltaico i moduli sono disposti in stringhe e campi a seconda del tipo di inverter utilizzato, della potenza totale e delle caratteristiche tecniche dei moduli. La connessione dei moduli in serie è realizzata sui moduli stessi mediante le scatole di giunzione e i cavi solari. La connessione in parallelo delle stringhe viene creata all'interno di string box che ospitano, insieme ai sistemi di interconnessione, anche i dispositivi di protezione da sovracorrente, sezionatori e dispositivi di protezione da sovratensioni.



*Figura 3 - String box tipo*

Il progetto prevede l'installazione delle string box aventi almeno le seguenti caratteristiche:

- Tensione massima (VDC): 1500 V
- Numero di stringhe parallele: fino a 20
- Protezioni SPD: Tipo 2
- Fusibili: 15°
- Sezionatori: presenti
- Grado protezione quadro: IP 66
- Corrente massima output: 320 A

### 5.1.3 Power station d'impianto - Inverter fotovoltaici e trasformatori BT/MT

Le Power Station (o cabine di campo) hanno la funzione di elevare la tensione da bassa (BT) a media tensione (MT).

L'energia prodotta dai sistemi di conversione CC/CA (inverter centralizzati), raccolta in appositi quadri di parallelo a 600 V, sarà immessa nel lato BT di un trasformatore 15/0,6 kV.

La scelta è caduta su inverter Ingecon 1500TL B578 della Ingeteam nella potenza di 1500 kVA.



**Ingeteam**

*Figura 4 – Vista inverter*

Presso ciascuna delle 3 Power Stations verranno installati n. 1 trasformatore BT/MT in resina, a singolo secondario a 15/0,59 kV, di potenza pari a 1.600 kVA, ad alta efficienza e n. 1 inverter da 1.500 kVA.

Tutti i trasformatori saranno del tipo isolati in resina, idonei per l'installazione all'interno dei cabinati prefabbricati delle Power Station, opportunamente protetti per impedire l'accesso alle parti in tensione.

Di seguito una scheda tecnica tipologica del prodotto.

PERDITE RIDOTTE CLASSE 24 kV / REDUCED / LOSSES CLASS 24 kV														
Livello Isolamento MT / Rated Voltage HV		24 kV		Classe Isolamento MT / Insulation Class HV				FI 50 kV BIL 95 kV						
Livello Isolamento BT / Rated Voltage LV		1,1 kV		Classe Isolamento BT / Insulation Class LV				FI 3 kV						
Frequenza / Frequency		50+60 Hz		Regolazione MT / Tappings HV				± 2 x 2,5%						
TD3R17-TD3R24 (BoBk)	UK	KVA	U <sub>k</sub> (120°C) %	P <sub>0</sub> (W)	P <sub>cc</sub> GRE (75°C) (W)	P <sub>cc</sub> CBK (120°C) (W)	I <sub>0</sub> %	L <sub>wA</sub> (dB(A))	L <sub>pA</sub> (dB(A))	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Kg
		UK 4%												
50	4	270	1400	1570	2,50	50	41	1040	670	1100	520	460		
100	4	360	1600	1750	1,94	51	42	1040	670	1150	520	610		
160	4	490	2200	2500	1,78	54	45	1250	670	1200	520	870		
200	4	590	2600	2980	1,73	56	46	1250	670	1300	520	1010		
250	4	660	3000	3450	1,56	57	47	1250	670	1300	520	1170		
315	4	830	3700	4170	1,54	59	49	1330	820	1400	670	1330		
400	4	970	4400	4900	1,36	60	50	1330	820	1500	670	1570		
500	4	1150	4900	5550	1,05	61	50	1360	820	1550	670	1850		
630	4	1270	6100	6900	0,97	62	51	1410	820	1650	670	2130		
UK 6%														
50	6	250	1600	1750	2,16	50	42	1040	670	900	520	430		
100	6	340	1800	2050	1,89	51	42	1070	670	1100	520	560		
160	6	480	2600	2900	1,8	54	45	1250	670	1150	520	810		
200	6	570	3000	3350	1,68	56	47	1250	670	1200	520	940		
250	6	650	3300	3800	1,6	57	47	1250	670	1300	520	1090		
315	6	800	4100	4650	1,48	59	49	1330	820	1300	670	1240		
400	6	940	4800	5500	1,33	60	50	1330	820	1400	670	1450		
500	6	1100	5800	6550	1,08	61	51	1360	820	1500	670	1710		
630	6	1250	6800	7600	0,95	62	51	1410	820	1550	670	1970		
800	6	1500	8300	9400	0,81	64	53	1570	1000	1700	820	2330		
1000	6	1800	9600	11000	0,72	65	54	1570	1000	1750	820	2780		
1250	6	2100	11500	13000	0,63	67	55	1740	1000	1950	820	3220		
1600	6	2400	14000	16000	0,59	68	55	1740	1000	2200	820	3760		
2000	6	3000	16000	18000	0,54	70	57	1860	1300	2250	1070	4430		
2500	6	3600	20000	23000	0,5	71	58	2010	1300	2300	1070	5270		
3150	6	4300	23500	28000	0,45	74	61	2100	1300	2450	1070	6330		
4000	7+8	5800	26600	29930	0,36	81	67	2260	1300	2500	1070	8630		
5000	7+8	7100	29400	33100	0,32	83	69	2380	1500	2680	1250	10760		

La Power Station è costituita da elementi prefabbricati in c.a.v., progettati per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità nell'ambiente in cui verranno installati.

Tutte le componenti sono idonee per l'installazione all'interno dei locali, con differenti compartimenti per le diverse sezioni di impianto.

Le pareti e il tetto dei cabinati sono isolati al fine di garantire una perfetta impermeabilità all'acqua e un corretto isolamento termico.

I cabinati saranno posati su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni, ove saranno stati predisposti gli opportuni cavedi e tubazioni per il passaggio dei

cavi di potenza e segnale.

Ciascuna Power Station conterrà al suo interno un quadro in bassa tensione per il parallelo delle linee provenienti dai quadri di campo e l'alimentazione degli ausiliari, nonché la protezione della linea verso il trasformatore.

Nella stessa sarà presente un impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della power station.

Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza, il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Tutte le componenti esterne saranno dotate di tutti quei provvedimenti al fine di garantire la massima protezione in condizioni climatiche quale l'ambiente di installazione.

Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione.

Le cabine sono costituite da prefabbricati realizzati ad elementi componibili in calcestruzzo armato vibrato tali da garantire pareti interne lisce senza nervature e una superficie interna costante lungo le sezioni orizzontali. Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione dei box viene additivato con idonei fluidificanti-impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni di acqua per capillarità.

In particolare si tratta di n° 2 cabine prefabbricate in c.a.v. accostate. In corrispondenza del pavimento sono presenti alcune aperture per il passaggio dei cavi (coperte con fibrocemento compresso), e aperture per accesso alla vasca di fondazione.

Le cabine saranno posate su un basamento in calcestruzzo armato di spessore

pari a 30 cm e di dimensioni esterne come da tavole grafiche allegate.

Per un maggiore dettaglio di informazioni si rimanda alla specifica tavola grafica "Tav. 2-3-4 - Particolare costruttivo Power Station rev00".

Il gruppo di conversione o inverter sarà idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. L'autoconsumo degli inverter sarà minimo, massimizzando pertanto il rendimento di conversione e sarà assorbito dalla rete elettrica nel caso in cui il generatore solare non sia in grado di fornire sufficiente energia elettrica. L'inverter non solo regolerà la potenza in uscita del sistema fotovoltaico ma servirà anche come controllo del sistema e come mezzo di ingresso dell'energia elettrica prodotta dal sistema FV dentro la rete in bassa tensione della centrale.

Si è optato per un sistema a 1500V che massimizzando il numero di pannelli collegabili nella medesima stringa riduce i collegamenti elettrici da realizzare.

Caratteristiche dell'INVERTER Ingecon TL1500 B578:

INGECON SUN		Power B Series 1,500 Vdc			
	1170TL B450	1400TL B540	1500TL B578	1560TL B600	1600TL B615
<b>Input (DC)</b>					
Recommended PV array power range <sup>1)</sup>	1,157 - 1,520 kWp	1,389 - 1,824 kWp	1,487 - 1,952 kWp	1,543 - 2,027 kWp	1,582 - 2,077 kWp
Voltage Range MPP <sup>2)</sup>	655 - 1,300 V	782 - 1,300 V	837 - 1,300 V	868 - 1,300 V	880 - 1,300 V
Maximum voltage <sup>3)</sup>	1,500 V				
Maximum current	1,850 A				
N° inputs with fuse holders	6 up to 25 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 250 A for positive and negative poles				
<b>Input protections</b>					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I will optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
<b>Output (AC)</b>					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,169 kVA / 1,052 kVA	1,403 kVA / 1,263 kVA	1,502 kVA / 1,352 kVA	1,559 kVA / 1,403 kVA	1,598 kVA / 1,438 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C <sup>4)</sup>	1,169 kVA / 1,035 kVA	1,403 kVA / 1,242 kVA	1,502 kVA / 1,330 kVA	1,559 kVA / 1,380 kVA	1,598 kVA / 1,415 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C <sup>4)</sup>	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage <sup>5)</sup>	450 V IT System	540 V IT System	578 V IT System	600 V IT System	615 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor adjustable	Yes, 0.1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) <sup>6)</sup>	<3%				
<b>Output protections</b>					
Overvoltage protections	Type II surge arresters				
AC breaker	Motorized AC circuit breaker				
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection				
Other protections	AC short circuits and overloads				
<b>Features</b>					
Maximum efficiency	98.9%				
Euroefficiency	98.5%				
Max. consumption aux. services	4,700 W (25 A)				
Stand-by or night consumption <sup>7)</sup>	90 W				
Average power consumption per day	2,000 W				
<b>General Information</b>					
Ambient temperature	-20 °C to +57 °C				
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%				
Protection class	IP54 (IP56 with the sand trap kit)				
Corrosion protection	CSH				
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's solar sales department)				
Cooling system	Air forced with temperature control (230 V phase + neutral power supply)				
Air flow range	0 - 7,800 m <sup>3</sup> /h				
Average air flow	4,200 m <sup>3</sup> /h				
Acoustic emission (100% / 50% load)	<66 dB(A) at 10m / <54.5 dB(A) at 10m				
Marking	CE				
EMC and security standards	EN 63000-6-1, EN 63000-6-2, EN 63000-6-4, EN 63000-3-11, EN 63000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3000				
Grid connection standards	IEC 62116, ArBtM 23-04-2008, CEI 0-16 Ed. III, Terna A6R, G59/2, BDEW Mittelspannungsrichtlinie 2011, P.D.12.3, South African Grid code (ver 2.6), Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruan Grid code, Thailand PEA requirements, IEC61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, GGC&CC China, DEWA (Dubai) Grid code, Jordan Grid Code, RETIE Colombia				
<p><b>Notes:</b> <sup>1)</sup> Depending on the type of installation and geographical location. Data for STC conditions. <sup>2)</sup> Vmp,min is for rated conditions (Voc-1 p.u. and Power Factor=1). <sup>3)</sup> Consider the voltage increase of the "Voc" at low temperatures. <sup>4)</sup> With the sand trap kit. <sup>5)</sup> Other AC voltages and powers available upon request. <sup>6)</sup> For P<sub>avg</sub>&gt;25% of the rated power and voltage in accordance with IEC 63000-3-4. <sup>7)</sup> Consumption from PV field when there is PV power available.</p>					

Ingeteam

#### 5.1.4 Sistema di accumulo (BESS)

Gli sfidanti obiettivi imposti dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNEIC) e dai programmi europei in termini di sviluppo della penetrazione rinnovabile hanno fatto sì che l'Italia si trovi oggi nel pieno di una intensa Transizione Energetica. Per cogliere gli obiettivi suddetti mantenendo alta la qualità dei servizi forniti dal sistema elettrico nazionale e, in particolare, dalla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), è necessario da un lato un intenso sviluppo di impianti a Fonti Rinnovabili Non Programmabili (FRNP) in regime di grid parity, e dall'altro lo sviluppo di tecnologie che abilitino una penetrazione sempre maggiore di FRNP mantenendo alta la qualità dei servizi sopracitati.

Nel PNEIC è indicato come obiettivo al 2030 la realizzazione di 6 GW di sistemi di accumulo per abilitare la Transizione Energetica: tra di essi, sebbene sia previsto che la quota maggiore sia coperta da impianti di pompaggio, un ruolo rilevante è ricoperto anche dai sistemi di accumulo elettrochimico, anche noti come Energy Storage Systems (ESS) o semplicemente batterie.

Se diverse tecnologie FRNP (PV, Wind onshore, ecc.) risultano ormai mature, con migliaia di MW installati sul territorio nazionale, al contrario le realizzazioni di batterie di grande taglia sono ancora poco diffuse, pur essendo alcune tecnologie già sviluppate ed affidabili.

L'impianto fotovoltaico di che trattasi sarà quindi altresì dotato di un sistema di accumulo costituito da 4 gruppi batterie aventi potenza 2.500 kW ciascuno per una capacità di accumulo complessiva pari a 20 MWh, che, comunque, sarà immessa in rete nel rispetto della potenza in immissione richiesta di 6 MVA grazie al sistema di gestione del rilascio dell'energia di cui è dotato.

Il sistema di batterie, quadri elettrici e ausiliari, è interamente contenuto all'interno di cabine in acciaio galvanizzato, di derivazione da container marini per

trasporto merci di misure standard 20' ISO HC (dimensioni 6,058 m x 2,438 m x H 2,896 m), opportunamente allestiti per l'utilizzo speciale e posati su idoneo strato di tout-venant compattato.

Il collegamento del sistema di accumulo avverrà mediante interruttori posti nelle celle di media a 15 kV sul quadro generale di media tensione dell'impianto.

I tratti di interconnessione tra i container saranno realizzati con tubi interrati, tipo corrugato doppia parete; nei punti di ingresso/uscita attraverso i basamenti dei container o tubi che saranno annegati nel calcestruzzo o tramite cavidotti.

Saranno inoltre previsti pozzetti intermedi in cemento armato con coperchio carrabile, dimensioni indicative 1000x1000x800 mm. Sarà presente una sezione di bassa tensione in comune alle 2 sezioni, di alimentazione degli ausiliari derivata dal trasformatore dei servizi ausiliari dell'impianto.

Le sezioni dell'impianto di accumulo saranno collegate all'impianto di terra dell'impianto di produzione tramite appositi dispersori.

## **6. CAVIDOTTI**

### **6.1 Cavidotti BT**

#### **6.1.1 Tipologie di cavo BT**

Le linee di collegamento in serie dei pannelli per formare le stringhe saranno realizzate in parte con i cavi in dotazione ai pannelli stessi ed in parte mediante cavi in rame del tipo "solare".

Tali cavi sono posti all'esterno e sottoposti alle intemperie durante tutta la vita dell'impianto, per tale motivo si utilizzeranno cavi isolati con gomma elastomerica di qualità conforme alla norma EN 50618.

I cavi scelti sono del tipo H1Z2Z2-K, dove il conduttore è formato da una corda di rame flessibile stagnato, di classe 5 isolato con due strati in gomma senza alogeni non propaganti la fiamma.

Tale cavo ha le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale in cc 1500 V,

Temperature d'esercizio -40°/+90° ,

Sforzo massimo di trazione 15 N/mmq.

La sezione del cavo sarà 6 mmq .



Figura 7 - Cavo "solare" con conformità richieste

Per le altre linee di bassa tensione utilizzate all'interno delle Power Station per il cablaggio dei quadri BT sarà utilizzato un cavo in alluminio ad elica visibile con conduttori in alluminio, isolati con polietilene reticolato, sotto guaina termoplastica di poliolefina.

Il cavo scelto è del tipo ARG7RX il quale avrà sezioni variabili in funzione dei calcoli di progetto esecutivo.

Tale cavo ha le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale in cc 0,6-1 kV,

Temperature d'esercizio -15°/+90°C,

Temperatura massima di cortocircuito 250 °C



ENEL DC 4146 - ENEL DC 4908 Costruzione e requisiti/Construction and specifications  
 CENELEC HD 603  
 2014/35/UE Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive  
 2011/65/CE Direttiva RoHS/RoHS Directive  
 52SO00004 Rapporto di conformità IMQ/IMQ Conformity Report



### 6.1.2 Calcolo delle linee elettriche in cavo

Il calcolo è stato condotto considerando cavi con i relativi conduttori e supponendo trascurabili i parametri trasversali delle linee.

La linea viene dapprima dimensionata secondo il criterio della massima caduta di tensione; quindi vengono confrontate la sezione e la portata teorica con la sezione e la portata del cavo commerciale (restando così verificato anche il criterio termico).

Infine è stata calcolata l'energia specifica passante tollerata dal cavo in relazione all'isolamento.

Il dimensionamento è stato condotto verificando per la linea in questione le seguenti relazioni suggerite dalle norme C.E.I 64 - 8 circa la protezione delle linee in cavo dalle sovracorrenti:

1.  $I_b < I_n < I_z$  ;

## 2. $I_f < 1.45 I_z$

dove:

- $I_b$ : Corrente convenzionale relativa al circuito,
- $I_n$ : Corrente nominale di intervento del dispositivo di protezione,
- $I_z$ : Portata del cavo nelle condizioni di posa,
- $I_f$ : Corrente di sicuro intervento del dispositivo di protezione.

Inoltre è stato verificato che la caduta di tensione % ammessa sulla linea risultasse inferiore al 4 %, in tutte le condizioni di funzionamento.

Per il dimensionamento dei cavi elettrici Bt si sono utilizzati due metodi, il metodo del carico termico, ed il metodo della massima caduta di tensione.

Il criterio del carico termico è prevalente per linee molto corte e, in particolare, per i cavi e le sbarre.

Il surriscaldamento dovuto a densità di corrente elevata altera la bontà della trasmissione in quanto aumenta la resistenza; di conseguenza le caratteristiche di isolamento dei cavi non sono più garantite.

Il bilancio termico per un cavo di lunghezza unitaria, si può esprimere come:

$P_j - P_a - P_t = 0$  dove:

- $P_j$  = Potenza termica dissipata per effetto joule
- $P_a$  = Potenza termica accumulata
- $P_t$  = Potenza termica trasmessa all'esterno

A regime quando la temperatura si stabilizza (a temperatura costante) tutto il calore prodotto per effetto Joule  $P_j$  viene trasmesso all'ambiente esterno  $P_t$ .

In condizioni di equilibrio termico

$$P_j = P_t$$

Occorre fare in modo che non si verifichino pericolosi innalzamenti della temperatura, ossia occorre limitare la dissipazione di potenza per effetto joule e quindi la corrente che attraversa il cavo.

L'espressione della intensità di corrente massima ammissibile è pari a:

$$I_{ma} = \sqrt{\frac{K_s \Delta \theta A}{\rho}} \quad (A)$$

Nella pratica comune il valore  $I_{ma}$  è già tabellato (vedi tabella 1) per i diversi cavi, si è quindi verificato che la portata massima ipotizzata sia minore della portata massima ammissibile.

Dimensionamento dei Cavi

Rev. 0/2008

Modalità di posa	Tipo di cavo	Isolante	Numero di conduttori								Linea n°
Posa con circolazione d'aria impedita (in tubi, canali, ecc.)	Unipolari con o senza guaina	•PVC	4	3	2						1
	Multipolari	EPR			4	3	2				2
Posa con libera circolazione d'aria (a parete, su passerelle, mensole o scalette, su fune portante)	Multipolari	PVC		4	3	2					3
		EPR			4	3	2				4
	Unipolari con guaina	PVC			4	3	2				5
		EPR					4	3	2	1	6
NOTE		Sezione mm <sup>2</sup>	Portata in regime permanente (A)								
1. Le portate dei cavi con conduttori in alluminio possono essere ottenute moltiplicando per 0,78 le portate dei cavi in rame di eguale sezione.			A	B	C	D	E	F	G	H	
2. Le portate si riferiscono ad una temperatura ambiente di 30°C.		1	10,5	12	13,5	15	17	19	21	23	
3. Le portate dei cavi in PVC sono valide anche per i cavi isolati in gomma G e GI; quelle dei cavi in EPR sono valide per i cavi in polietilene reticolato (XLPE).		1,5	14	15,5	17,5	19,5	22	24	27	29	
4. La portata indicata per i cavi sezione 1mm è solo per riferimento.		2,5	19	21	24	26	30	33	37	40	
5. La sezione (nominale) 50 mm <sup>2</sup> corrisponde ad una sezione effettiva di 47,5 mm <sup>2</sup> .		4	25	28	32	35	40	45	50	55	
6. Nel caso di cavi in tubi protettivi incassati in pareti termicamente isolanti come legno o espanso, applicare un fattore di riduzione pari a 0,84.		6	32	36	41	46	52	58	64	70	
7. Le portate dei cavi multipolari si applicano a cavi con conduttori rotondi, per i cavi multipolari con conduttori settoriali si applica una riduzione.		10	44	50	57	63	71	80	88	97	
8. Le portate indicate per un cavo unipolare con guaina si applicano a cavi unipolari distanziati almeno di un diametro in orizzontale, due diametri se sovrapposti in verticale.		16	59	68	76	85	96	107	119	130	
9. Per la posa senza circolazione di aria (linee 1 e 2) la tabella vale fino alla sezione di 120 mm <sup>2</sup> .		25	75	89	101	112	127	142	157	172	
		35	97	111	125	138	157	175	194	213	
		50	117	134	151	168	190	212	235	257	
		70	149	171	192	213	242	270	299	327	
		95	181	207	232	258	293	327	362	396	
		120	209	239	269	299	339	379	419	458	
		150		275	309	344	390	435	481	527	
		185		314	353	392	444	496	549	602	
		240		369	415	461	522	584	645	707	

Tabella 3 - Portata massima in regime permanente.

Il criterio della massima caduta di tensione impone che si garantisca una caduta di tensione sulla linea inferiore al valore limite fissato.

Vista che sarà realizzata una linea dedicata all'impianto la massima caduta di tensione accettabile è paria al 4 % della tensione nominale.

Si è in particolare calcolata la massima caduta di tensione attesa per l'impianto con la seguente

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot L$$

Dove:

R = resistenza unitaria a 80 ° (vedi tabella 2 oppure schede tecniche cavi)

I<sub>n</sub> = corrente nominale;

L = Lunghezza della linea.

Sezione nominale	Cavi tripolari						
	Resistenza R ad 80 °C		Reattanza X	Cadute di tensione ΔU			
	Corrente continua	Corrente alternata		Corrente alternata trifase			
			cos φ 1	cos φ 0,9	cos φ 0,8	cos φ 0,7	
mm <sup>2</sup>	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am
1	22,5		0,125	39	35,2	31,3	27,4
1,5	15,1		0,118	26,1	23,6	21	18,45
2,5	9,08		0,109	15,7	14,24	12,7	11,1
4	5,68		0,101	9,85	8,93	7,98	5,04
6	3,78		0,0955	6,54	5,96	5,34	4,70
10	2,27		0,0861	3,94	3,60	3,24	2,86
16	1,43		0,0817	2,48	2,29	2,07	1,83
25	0,907		0,0813	1,57	1,48	1,34	1,20
35	0,654		0,0783	1,13	1,08	0,988	0,888
50	0,483		0,0779	0,838	0,812	0,750	0,680
70	0,334		0,0751	0,579	0,577	0,541	0,496
95	0,241		0,0762	0,419	0,433	0,412	0,385
120	0,190	0,191	0,0740	0,332	0,354	0,342	0,321
150	0,150	0,157	0,0745	0,272	0,300	0,295	0,280
185	0,124	0,125	0,0742	0,217	0,251	0,250	0,241
240	0,0942	0,0966	0,0752	0,167	0,207	0,212	0,208
300	0,0750	0,0780	0,0750	0,135	0,178	0,186	0,186
400	0,0587	0,0625	0,0742	0,108	0,153	0,164	0,166
500	0,0466	0,0512	0,0744	0,0887	0,136	0,148	0,152
630	0,0361	0,0417	0,0749	0,0722	0,122	0,136	0,141

Tabella 4 - Cadute di tensione cavi in rame

Si è verificato che la massima caduta di tensione calcolata sia inferiore alla massima caduta di tensione fissata come accettabile. Nei calcoli si è tenuto conto dell'intera lunghezza del cavo che andrà posato dai pannelli agli inverter.

### 6.1.3 Circuiti elettrici

Al fine di assicurare un servizio affidabile dell'impianto il circuito elettrico è stato dotato delle necessarie apparecchiature di protezione e comando richieste dalla normativa vigente.

La selettività di intervento in caso di dispersione verso terra, è garantita dall'impiego di interruttori differenziali.

I cavi saranno posati in canaletta sotto la tettoia e in tubi protettivi in polietilene corrugato interrati al di sotto del piano di campagna. I raggi di curvatura dei cavi, se  $D$  è il diametro esterno del cavo, devono essere  $\geq 12xD$ , mentre il diametro del tubo protettivo deve essere  $\geq 1,4$  volte il diametro del fascio di cavi che ospita.

Per la protezione delle condutture dai sovraccarichi e dalle correnti di cortocircuito verranno adoperati interruttori automatici magnetotermici.

### 6.1.4 Cadute di tensione

Le cadute di tensione in qualsiasi punto dell'impianto quando sono inseriti tutti gli apparecchi che possono funzionare simultaneamente, non devono superare il 4% della tensione misurata al punto di consegna dell'impianto utilizzatore.

### 6.1.5 Prescrizioni generali

I componenti dovranno essere scelti conformi alle prescrizioni di sicurezza delle rispettive norme e saranno scelti in modo da non causare effetti nocivi sugli altri componenti o sulla rete di alimentazione.

I componenti dell'impianto e gli apparecchi utilizzatori fissi saranno installati in modo da facilitare il funzionamento, il controllo, l'esercizio e l'accesso alle connessioni.

I dispositivi di manovra e di protezione, devono portare scritte o altri contrassegni che ne permettano la identificazione.

Per quanto riguarda la identificazione dei conduttori dovranno essere rispettate le seguenti indicazioni:

- bicolore giallo-verde: conduttori di terra, protezione ed equipotenzialità;
- blu chiaro: conduttore di neutro;
- colori secondo la tabella CEI-UNEL 00722, per i colori distintivi dei cavi.

#### 6.1.5 Quadri elettrici

I quadri saranno installati ad una quota dalla superficie calpestabile di m.1 minimo e conterranno le apparecchiature di sezionamento, comando, protezione dei circuiti contro le sovracorrenti, cortocircuiti e contro i contatti indiretti.

Il potere di interruzione degli interruttori è calcolato come da indicazioni della CEI 64-8, in accordo ai suggerimenti delle norme CEI 64-50.

## **6.2 CAVIDOTTI MT**

### 6.2.1 Premesse

La rete elettrica di raccolta dell'energia prodotta è prevista in media tensione con una tensione di esercizio a 15 kV che consente di minimizzare le perdite elettriche e di ridurre la fascia di rispetto per i campi elettromagnetici, determinata ai sensi della L.36/01 e D.M. 29.05.2008.

La sezione dei cavi di collegamento tra l'impianto di produzione e il punto di consegna è stata calcolata in modo da essere adeguata alla corrente transitante nelle condizioni di funzionamento alla potenza nominale degli impianti.

---

Per quanto riguarda le lunghezze delle varie tratte si è effettuata la misura del tracciato del cavidotto sulle planimetrie geo-referenziate di progetto e tenendo conto dei dislivelli altimetrici.

Le verifiche sono state effettuate per un controllo delle sezioni standard che saranno utilizzate per la costruzione del campo, in relazione alle condizioni progettuali di funzionamento e di posa del cavo.

Per le specifiche relative ai cavidotti di collegamento tra la cabina di consegna e la cabina utente si rimanda alla apposita relazione "R.14 – Relazione opere di rete".

L'installazione dei cavi dovrà soddisfare tutti i requisiti imposti dalla normativa vigente e dalle norme tecniche dei singoli enti proprietari delle infrastrutture attraversate ed in particolare dalle norme CEI 11-17 e 11-1.

Il cavo in particolare sarà del tipo ARE4H1R avente le seguenti caratteristiche:

- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso
- Isolamento: polietilene reticolato XLPE senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guaina: miscela a base di PVC, qualità ST2
- Colore: rosso
- Tensione nominale d'esercizio: U0/U 12/20 KV
- Temperature d'esercizio: -15°/+90°C

# TRI-MVP ARE4H1R-12/20 kV

# TRI-MVP ARE4H1R-18/30 kV

Costruzione, requisiti elettrici, fisici e meccanici:	CEI 20-13 IEC 60502-2
Misura delle scariche parziali:	CEI 20-16 IEC 60885-3
Prove a Impulso:	IEC 60230
Non propagazione della fiamma:	EN 60332-1-2
Gas corrosivi o alogenidrici:	EN 50267-2-1



*Figura 9 - Cavo MT con norme di riferimento*

### 6.2.2 Tipologie di posa cavidotti

La sezione tipo del cavidotto prevede accorgimenti tipici in questo ambito di

lavori (allettamento dei cavi su sabbia, coppone di protezione e nastro di segnalazione al di sopra dei cavi, a guardia da possibili scavi incauti).

Sarà inoltre prevista la posa della fibra ottica necessaria per la trasmissione dati e relativo controllo dell'impianto. All'interno dello scavo del cavidotto troverà posto anche la corda di rame nuda dell'impianto equipotenziale.

Il cavidotto MT è posato prevalentemente su terreni agricoli, entro scavi a sezione obbligata a profondità stabilita dalle norme CEI 11/17 e dal codice della strada.

Le sezioni tipo di scavo saranno diverse a seconda se la posa dovrà avvenire su terreno agricolo/strada interpoderale o su strada asfaltata.

Nel caso posa su strada interpoderale o terreno agricolo la profondità di scavo potrà variare da un min di 1.10 m ad un max di 2,00 m. Prima della posa del cavo MT sarà realizzato un letto con idoneo materiale sabbioso di spessore di circa 10 cm. Il cavo sarà rinfiancato e ricoperto con lo stesso materiale sabbioso per uno spessore complessivo di che potrà variare da un min.50 cm. ad un max di 74 cm a seconda della profondità dello scavo stesso Al di sopra della sabbia verrà ripristinato il materiale originario dello scavo. Sul fondo dello scavo sarà posata la rete di terra realizzata con corda in rame nudo di 50 mmq di sezione. All'interno dello strato sabbioso sarà posato, inoltre, il cavo di fibra ottica. Tra lo strato di sabbia ed il ricoprimento sarà collocato una protezione meccanica formata da una coppella in pvc. Nello strato di ricoprimento sarà posto il nastro monitore in numero di file pari alle terre presenti nello scavo.

### 6.2.3 Condizioni progettuali di posa

Le condizioni progettuali di posa e le relative ipotesi adottate sono:

- Tensione di esercizio dell'impianto elettrico pari a: 15 kV.

- Temperatura media del terreno: 25 °C
- Resistività termica del terreno: 1,5 °Km / W
- Distanza minima tra terne di cavi in terra: 25 cm
- Profondità di posa: 1,1 m
- Fattore di potenza: 0,95
- Tipo di posa: interrata con disposizione a trifoglio / aerea in precordato

I risultati ottenuti hanno lo scopo di verificare il dimensionamento di massima dei cavi dell'impianto e potranno, in fase esecutiva, essere diversamente ottimizzati in funzione delle differenti scelte tecniche che saranno disponibili al momento della progettazione esecutiva.

#### 6.2.4 Calcoli elettrici cavidotti

Si è verificato che le cadute di portata per tutte le singole tratte siano contenute entro il 2% secondo la seguente:

$$\Delta V = \frac{(P * R + Q * X)}{V^2}$$

dove:

- P: potenza transitante
- Q: potenza reattiva, con fattore di potenza 0,95;
- R: resistenza del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;
- X: reattanza del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;

- V: tensione di esercizio del cavo (15 kV).

La portata effettiva dei cavi è stata calcolata secondo la seguente:

$$I_z = I_0 * K1 * K2 * K3 * K4$$

Dove:

- $I_0$  = portata nominale (a 20°C)
- K1 = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C (posto pari a 0.96 per esercizio a 25°C)
- K2 = Fattore di correzione per compresenza di circuiti (distanza fra i circuiti 0,25 m)
- K3 = Fattore di correzione per profondità diversa da 0,8 m (per posa ad 1,1m)
- K4 = Fattore di correzione per resistività termica diversa da 1,5 k\*m/W (valore pari a quello per posa in terreno asciutto - essendo questa la condizione più gravosa, si pone la il correttore pari ad 1)

## **7 SICUREZZA DELL'IMPIANTO**

### **7.1 Protezione da corti 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 superiori,

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 è di poco superiore alla corrente nel punto di massima potenza.

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

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 BT/MT.

In tal modo perché 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 rivelazione degli squilibri verso massa, 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 ceraunico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

I moduli fotovoltaici sono in alto grado 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. I varistori, per prevenire eventuali incendi, saranno segregati in appositi scomparti antideflagranti.

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 analogia limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter. Cortocircuiti sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata. L'interruttore MT in SF6 è equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra.

#### **7.5 Prevenzione dal funzionamento in isola**

In accordo a quanto prescritto dalla normativa italiana sarà previsto, incorporato nell'inverter, un dispositivo per prevenire il funzionamento in isola dell'impianto, come già descritto.

#### **7.6 Impianto di messa a terra**

La cabina elettrica è dotata di una rete di messa a terra realizzata secondo la vigente normativa. Le strutture di sostegno dei moduli sono collegate ad una rete di terra realizzata in prossimità delle strutture stesse.