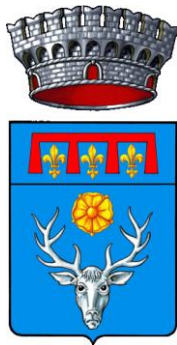




r\_emi.ro.Giunta - Prot. 07/06/2024.0605540.E



Regione Emilia Romagna  
Comune di Calderara di Reno

**PROGETTO PRELIMINARE**  
**PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO**

TITOLO ELABORATO:		N° ELABORATO:	
<i>RELAZIONE IMPIANTO ELETTRICO</i>		<b>RT.08</b>	
		Scala:	
		Data: 18/03/2024	
PROGETTISTA:	COMMITTENTE:		
 STUDIO INGEGNERIA PULCINI www.studioingegneriapulcini.it P.zza S. Giovanni in Laterano, 26 RM Tel. +39 351 513 21591	 Padana Servizi S.r.l. GESTIONE AZIENDALE ED AMMINISTRATIVA SERVIZI INFORMATICI STUDIO TECNICO DI PROGETTAZIONE EDILE  Padana Servizi Srl Via Bacciliera 12 Calderara di Reno (BO) P.IVA 02014920405		
Coord.: Prof. D. Pulcini Progettista: Arch. D. Ishneiwer Progettista: Ing. M. Lanzoni Progettista: Ing. A. Cervone Progettista: Arch. F. Fiscaletti	Progettista: Ing. F. Falasca Progettista: Dott. M. d'Onghia Progettista: Ing. G. Ramirez Progettista: Arch. M. Rauco Progettista: Arch. G. Rauco		Referente: Prof. D. Pulcini
LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO		FILE NAME
PRELIMINARE	RT.08		RT.08_Relazione impianto elettrico

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato

Il presente elaborato di esclusiva proprietà di Studio Ingegneria Pulcini, non può venire riprodotto né reso noto a terzi senza autorizzazione.  
Ogni trasgressione verrà perseguita a termini di legge.

Regione Emilia Romagna  
c.f. 987798787078; p.iva 6875576523 P. Costituzione 1, Bo  
+39 051 4567890 | [regione.emilia.romagna@gov.it](mailto:regione.emilia.romagna@gov.it)

## SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE .....	3
2.	ASPETTI GENERALI .....	4
3.	COMPONENTI PRINCIPALI .....	5
	Il modulo fotovoltaico .....	5
4.	STRUTTURE DI SUPPORTO .....	9
5.	INVERTER CENTRALIZZATO CON POWER SKID .....	10
6.	SISTEMA D'ACCUMULO .....	13
7.	QUADRI BT E MT .....	14
8.	QUADRO DI CAMPO .....	15
9.	CAVI DI POTENZA BT, MT, AT .....	15
10.	CAVI DI CONTROLLO E TLC .....	16
11.	IMPIANTO DI TERRA .....	16
12.	ASPETTI RELATIVI ALLA CONNESSIONE ALLA RETE .....	17
13.	COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA .....	19
	LIMITI DI COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA .....	19
	SORGENTI A BASSA FREQUENZA (ELF) .....	20
	CALCOLO DISTANZA PRIMA APPROSSIMAZIONE PER I COMPONENTI IN PROGETTO .....	21
	CAMPO FOTOVOLTAICO .....	21
	INVERTER .....	22
	TRASFORMATORE AT/MT - 36/20KV .....	23
	TRASFORMATORE MT/BT 20KV/400V .....	24
	ELETTRDOTTO INTERRATO DI ALTA TENSIONE (AT) .....	24
	ELETTRDOTTO INTERRATO DI MEDIA TENSIONE (MT) .....	27
14.	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	29

## 1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato “Relazione impianto elettrico” definisce le caratteristiche e le metodologie utilizzate per il dimensionamento preliminare elettrico dell'impianto agrivoltaico sito presso il comune di Calderara di Reno (Bo).

L'impianto avrà una potenza nominale pari a 15,54 MW<sub>p</sub>, con un sistema di accumulo da circa 10 MWh e si pone l'obiettivo di combinare sulla medesima superficie agricola la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili con l'attività agronomica da svolgersi tra i filari dei moduli fotovoltaici.

Il progetto prevede:

- la realizzazione dell'impianto agrivoltaico avanzato;
- la realizzazione dell'impianto di accumulo;
- la realizzazione della sottostazione elettrica di trasformazione e consegna dell'energia prodotta in caso di connessione in AT;
- la realizzazione delle opere di rete.

## 2. ASPETTI GENERALI

Il Progetto prevede la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico, di seguito si riportano le caratteristiche principali dell'impianto:

DENOMINAZIONE IMPIANTO	H2 CALDERARA
SUPERFICIE TOTALE RECINTATA (ha)	17,46
POTENZA NOMINALE AC (kW)	12,6
POTENZA DI PICCO DC (MW)	15,45
MODULI INSTALLATI	21.762
TOTALE STRINGHE INSTALLATE	806
NUMERO INVERTER	3

I moduli fotovoltaici avranno potenza nominale pari a 710 W<sub>p</sub> e saranno collegati tra di loro in serie a formare stringhe ciascuna delle quali composta da 27 moduli, la lunghezza di stringa è stabilita in funzione delle caratteristiche del sistema fotovoltaico in termini di tensione massima ammissibile e della potenza complessiva.

I componenti relativi al sistema di conversione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata, fruibile dal sistema di distribuzione e trasmissione nazionale, si compongono:

- dei quadri di campo a tensione massima di 1500 V dai quali si raggrupperanno le stringhe e uscirà per ogni sottocampo una linea che si collega all'inverter.
- tre inverter centralizzati posati su basamenti in cemento contenenti in un container unico anche il sistema di accumulo ed il trasformatore BT/MT
- Una cabina di consegna e ricezione in cui viene fatto il parallelo lato MT degli inverter. In caso di connessione AT, anche una stazione di conversione e trasformazione, dove verranno installati i trasformatori e i dispositivi di sicurezza.

La tensione di connessione dell'impianto al momento non può essere definita in maniera univoca in quanto non è stato ricevuto il preventivo di connessione con la soluzione tecnica proposta. Visto che la tipologia di connessione influenza la scelta dei componenti d'impianto, si è ipotizzato a fini conservativi di valutare le varianti progettuali sia di una connessione in AT che in MT. In entrambi casi è stata valutata la compatibilità elettromagnetica dei trasformatori e delle linee.

Le linee di bassa tensione, sia quelle in corrente continua che in corrente alternata, e le linee di media e alta tensione saranno realizzate totalmente all'interno dell'area occupata dall'impianto fotovoltaico.

### 3. COMPONENTI PRINCIPALI

Gli elementi principali che compongono l'impianto agrivoltaico da 15,45 MW<sub>p</sub> sono:

- **Moduli fotovoltaici** bifacciali da 710 W con ridotto valore di riflettanza;
- **Strutture di sostegno** dei moduli costituite da tracker monoassiali con asse N-S;
- **Quadri di parallelo** stringhe da 24 moduli con scaricatori di sovratensione, sezionatore, fusibili di protezione e sistema di monitoraggio guasti;
- **Inverter con power skid** comprensivo di trasformatori MT/BT e connessione del sistema di accumulo;
- **Cavidotti BT** per le utenze ausiliarie quali ad esempio illuminazione, sistema d'irrigazione, sistemi di raffreddamento;
- **Cabine di consegna** in cui sono presenti i sistemi di protezione d'impianto e si convoglia l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico dagli inverter
- **Cavi MT** in cavo interrato attraverso cui l'energia prodotta viene trasferita alla SSE Utente;
- **Gruppi di Misura (GdM)** dell'energia prodotta, dotati di dai trasduttori di tensione (TV) e di corrente (TA).
- **Apparecchiature elettriche di protezione e controllo** in AT, MT, BT;
- **Stazione Elettrica Utente** (in caso di connessione in AT) in cui avviene la trasformazione di tensione da 30 kV a 150 kV e la consegna in AT a 150 kV.
- **Cabine di Servizio** (in caso di connessione AT) in cui saranno ubicati quadri BT / TLC, vano per l'alloggiamento del trasformatore per i servizi ausiliari, vano control room, vano deposito;
- **Cavo AT** (in caso di connessione AT) interrato attraverso cui l'energia prodotta viene trasferita alla SE Terna;

#### Il modulo fotovoltaico

Per l'impianto oggetto di progetto è stato scelto un modulo della TRINA SOLAR da 710 W, di tipo bifacciale con 132 celle n-type. Le principali caratteristiche tecniche sono riportate nella tabella sottostante:

Produttore	Trina Solar
Modello	Vertex TSM-NEG21C.20
Dimensioni	2384×1303×33 mm
Potenza [Wp]	710
Numero di celle	132
Efficienza del modulo	22.9%
Tipo cella	N-type
Tipo modulo	Bifacciale
Vetro fronte	2.0 mm – vetro antiriflesso rinforzato al calore ad alta trasmissione
Vetro retro	2.0 mm – vetro rinforzato al calore

Tabella 1 – caratteristiche tecniche principali del modulo fotovoltaico scelto

Tale modulo, al momento di stesura della presente relazione, è tra i più avanzati a livello tecnologico tra quelli presenti sul mercato avendo, oltre ad un'efficienza del 22.9% per l'adozione della tecnologia di cella di tipo "N-Type", un guadagno di producibilità per la bifaccialità, cioè la capacità di poter produrre energia anche sfruttando la radiazione riflessa dal terreno sul retro del modulo.

Particolare attenzione è stata prestata nella selezione anche alle caratteristiche del modulo in termini di riflettanza della luce solare: l'impianto agrivoltaico ricade nella fascia di distanza dall'aeroporto per cui è richiesto il nulla osta dell'ENAC. La pratica di nulla osta viene eseguita attraverso una dichiarazione di un tecnico abilitato dopo un'analisi specifica sull'abbagliamento.

In fase preliminare, si è quindi scelto di adottare un modulo dotato di vetro anti riflesso (AR) e di una dichiarazione del costruttore in cui vengono riportate informazioni specifiche sulla riflessività del vetro frontale alla radiazione solare. Tale documento viene allegato alla presente relazione insieme alla scheda tecnica del modulo. I dati di riflettanza dichiarati sono del 6% con radiazione incidente a 90°.

# Vertex N

**N-type i-TOPCon bifacial dual glass**  
Monocrystalline module

PRODUCT: TSM-NEG21C.20  
PRODUCT RANGE: 685-710W

## 710W

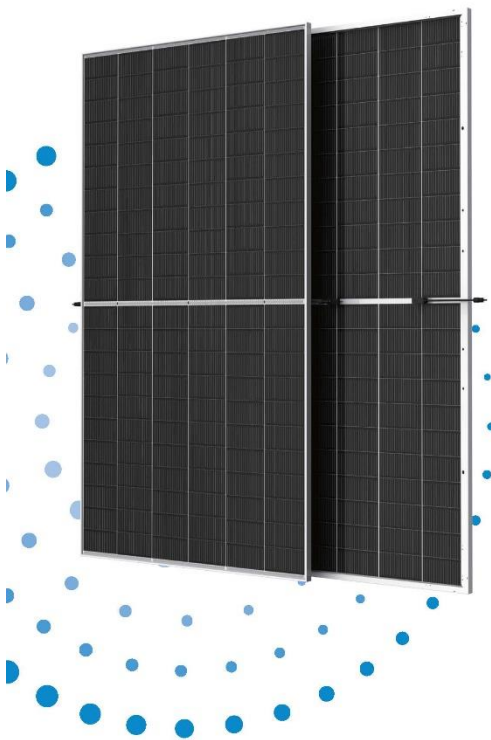
MAXIMUM POWER OUTPUT

## 0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

## 22.9%

MAXIMUM EFFICIENCY



### High customer value

- The star of LCOE (Levelized Cost Of Energy) .Higher string power feature effectively reduces BOS (Balance of System)and LCOE
- More energy harvest with cutting-edge N-type i-TOPCon technology
- Designed for compatibility with existing mainstream system components



### High power up to 710W

- Up to 22.9% module efficiency with high density interconnect technology
- SMBB (Super multi-busbar) technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



### High reliability

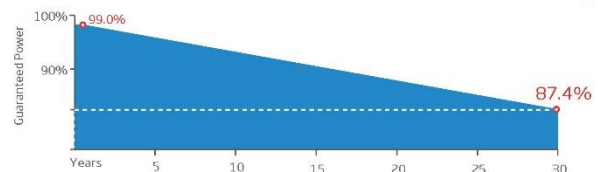
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



### High energy yield

- Excellent product bifaciality and low irradiation performance, validated by 3rd party
- Lower degradation: 1% first year, 0.4% annually thereafter
- Lower temperature coefficient (-0.29%/°C)
- Up to 30% additional power gain from back side depending on albedo

### Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty



### Comprehensive Products and System Certificates

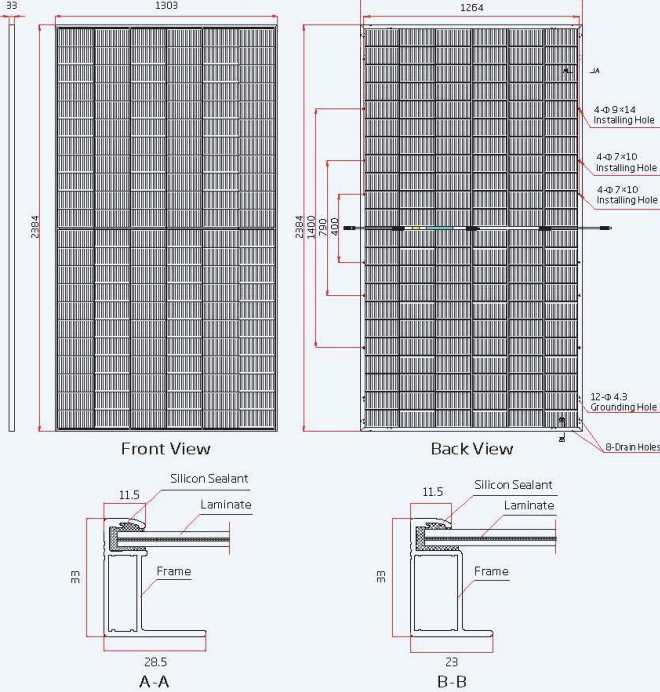


IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716  
ISO 9001: Quality Management System  
ISO 14001: Environmental Management System  
ISO14054: Greenhouse Gases Emissions Verification  
ISO45001: Occupational Health and Safety Management System

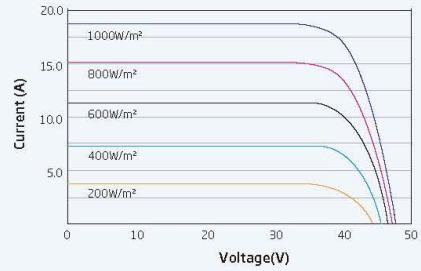
**Trina**solar



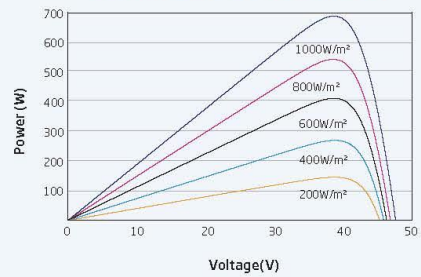
#### DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



#### I-V CURVES OF PV MODULE(695W)



#### P-V CURVES OF PV MODULE(695 W)



#### MECHANICAL DATA

Solar Cells	N-type Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×33 mm (93.86×51.30×1.30 inches)
Weight	39.3 kg (84.4 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)

Frame	33mm(1.30 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm² (0.006 inches²) Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2/ TS4 PLUS/ TS4*

\*Please refer to regional datasheet for specified connector.

#### ELECTRICAL DATA (STC & NOCT)

Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Peak Power Watts- $P_{max}$ (Wp)*	685	522	690	526	695	531	700	534	705	540	710	543
Power Tolerance- $P_{max}$ (W)	0 ~ +5											
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	39.8	37.4	40.1	37.7	40.3	37.9	40.5	38.0	40.7	38.3	40.9	38.5
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	17.19	13.93	17.23	13.95	17.25	14.00	17.29	14.04	17.33	14.08	17.36	14.12
Open Circuit Voltage- $V_{oc}$ (V)	47.7	45.3	47.9	45.4	48.3	45.9	48.6	46.1	48.8	46.3	49.0	46.5
Short Circuit Current- $I_{sc}$ (A)	18.21	14.67	18.25	14.71	18.28	14.72	18.32	14.76	18.36	14.80	18.40	14.83
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	22.1		22.2		22.4		22.5		22.7		22.9	

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s. \*Measuring tolerance: ±3%.

#### Electrical characteristics with different power bin (reference to 5% & 10% backside power gain)

Backside Power Gain	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Total Equivalent power - $P_{max}$ (Wp)	719	754	725	759	730	765	735	770	740	776	746	781
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	39.8	39.8	40.1	40.1	40.3	40.3	40.5	40.5	40.7	40.7	40.9	40.9
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	18.05	18.91	18.09	18.95	18.11	18.98	18.15	19.02	18.20	19.06	18.23	19.10
Open Circuit Voltage- $V_{oc}$ (V)	47.7	47.7	47.9	47.9	48.3	48.3	48.6	48.6	48.8	48.8	49.0	49.0
Short Circuit Current- $I_{sc}$ (A)	19.12	20.03	19.16	20.08	19.19	20.11	19.24	20.15	19.28	20.20	19.32	20.24

Power Bifaciality: 80±5%.

#### TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of $P_{max}$	-0.29%/°C
Temperature Coefficient of $V_{oc}$	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of $I_{sc}$	0.04%/°C

#### MAXIMUM RATINGS

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

#### WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
1% first year degradation
0.40% Annual Power Attenuation
(Please refer to product warranty for details)

#### PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 33 pieces
Modules per 40' container: 594 pieces



## 4. STRUTTURE DI SUPPORTO

E' stata selezionata una struttura con tracker monoassiale prodotta da Optimum Tracker. Tale struttura si sviluppa per un'altezza di 3,2m e permette una rotazione di 120°. La rotazione è effettuata da un motore DC alimentato da un proprio pannello solare posizionato al centro della struttura ed ha al suo interno anche una batteria di accumulo che permette il funzionamento fino a 4 giorni consecutivi.

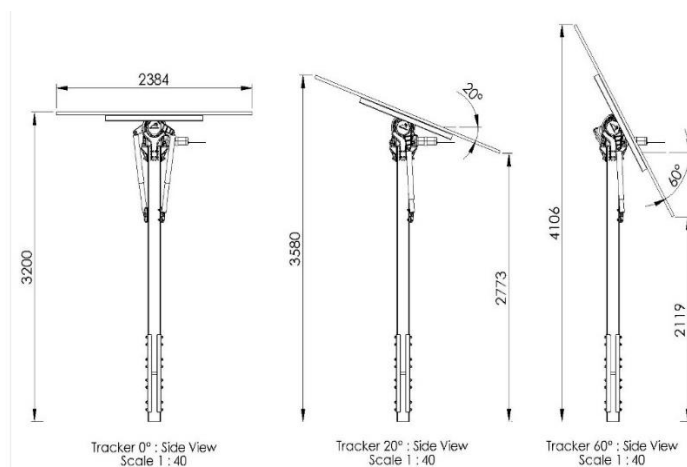
Il sistema di gestione del tracker permette la rotazione all'angolazione ottima in base agli ombreggiamenti ed è comandabile anche in modo tale che sia possibile forzare i pannelli in posizione orizzontale, ad esempio, per delle operazioni legate all'attività agricola.

La scelta della struttura è ricaduta sul tracker solare anche per limitare i fenomeni di abbagliamento legati all'angolo d'inclinazione della radiazione solare rispetto al pannello. Infatti, quando quest'angolo è di 90° i fenomeni d'abbagliamento risultano minimizzati ed il tracker permette proprio di mantenere quest'angolo a tale valore.

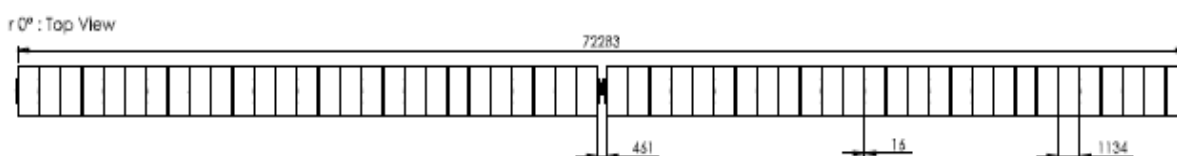
In termini di lunghezza della struttura si è scelto di adottare 2 file da 27 pannelli, ciascuna corrispondente ad una stringa. Ogni tracker è quindi capace di sviluppare una potenza di picco di 38,34 kW. Sono previste anche strutture con minore numero di moduli fotovoltaici in quanto la superficie risulta irregolare e per occupare lo spazio in maniera efficiente è necessario avere strutture di dimensione diversa.



Angolo di rotazione  $\pm 60^\circ$



Dimensioni verticali principali della struttura selezionata



Dimensioni orizzontali principali del tracker da 38,34 kWp

## 5. INVERTER CENTRALIZZATO CON POWER SKID

Per la taglia si è ritenuto opportuno procedere con inverter di tipo centralizzato, installati in punti centrali all'interno del campo agrivoltaico in modo da essere facilmente raggiungibile dai quadri di parallelo che concentrano la corrente delle singole stringhe. In particolare, si è scelto un tipo di unità di taglia 4.2 MVA prodotto dalla SMA. Tale inverter, oltre ad essere un prodotto presente da molti anni sul mercato e quindi offrire standard qualitativi di operatività elevati, viene fornito all'interno di una power skid comprendente anche il trasformatore BT/MT.

Questa soluzione renderà molto più rapida l'installazione e, all'interno di un campo agrivoltaico molto esteso, permette di trasportare in media tensione la corrente fino alla cabina di consegna e ricezione, ottimizzando quindi le perdite dell'impianto. Infine, altro aspetto che ottimizza i rendimenti operativi di funzionamento dell'impianto, è la possibilità di collegamento in DC del sistema di accumulo.

## MV POWER STATION 4000-S2 / 4200-S2 / 4400-S2 / 4600-S2



MVPS-4000-S2 / MVPS-4200-S2 / MVPS-4400-S2 / MVPS-4600-S2

### Resistente

- La stazione e tutti i componenti sono sottoposti a test
- Perfetta per condizioni ambientali estreme

### Pratica

- Sistema "plug and play"
- Completamente preassemblata per un'installazione e messa in servizio semplice

### Conveniente

- Semplicità di progetto e installazione
- Costi di trasporto ridotti grazie alla piattaforma da 20 piedi

### Flessibile

- Un unico design per tutto il mondo
- DC-Coupling Ready
- Numerose opzioni

## MV POWER STATION 4000-S2 / 4200-S2 / 4400-S2 / 4600-S2

Soluzione chiavi in mano per centrali fotovoltaiche

Con la potenza fornita dai nuovi inverter centralizzati Sunny Central UP e Sunny Central Storage UP e i componenti di media tensione appositamente studiati, la nuova MV Power Station offre una densità di potenza maggiore e può essere fornita chiavi in mano in tutto il mondo. Ideale per la nuova generazione di centrali fotovoltaiche da 1500 V<sub>cc</sub>, la soluzione integrata nel container da 20 piedi assicura semplicità di trasporto e rapidità di montaggio e messa in servizio. La MVPS e tutti i componenti sono sottoposti a test. La MV Power Station garantisce la massima sicurezza dell'impianto, massimi rendimenti energetici, e minimi rischi operativi. Naturalmente la MV Power Station è predisposta per i collegamenti CC.

- 1) Dati riferiti all'inverter. Per ulteriori dettagli si veda la scheda tecnica dell'inverter.  
 2) KNAN = estere con raffreddamento naturale ad aria  
 3) Efficienza misurata sull'inverter senza autoalimentazione  
 4) Efficienza misurata sull'inverter con autoalimentazione

Dati tecnici	MVPS 4400-S2	MVPS 4600-S2
<b>Ingresso (CC)</b>		
Inverter selezionabili	1 x SC 4400 UP oppure 1 x SCS 3800 UP oppure 1 x SCS 3800 UPXT	1 x SC 4600 UP oppure 1 x SCS 3950 UP oppure 1 x SCS 3950 UPXT
Tensione d'ingresso max	1500 V	1500 V
Numero ingressi CC	a seconda dell'inverter scelto	
Zone Monitoring integrato	o	
Amperaggi disponibili dei fusibili (per ciascun ingresso)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
<b>Uscita (CA) lato di media tensione</b>		
Potenza nominale con SC UP (da -25°C a +35°C / 40°C opzionale 50°C) <sup>1)</sup>	4400 kVA / 3960 kVA	4600 kVA / 4140 kVA
Potenza nominale con SCS UP (da -25°C a +25°C / 40°C opzionale 50°C) <sup>1)</sup>	3800 kVA / 3230 kVA	3960 kVA / 3365 kVA
Potenza di carica SCS UPXT (da -25°C a +25°C / 40°C opzionale 50°C) <sup>1)</sup>	3950 kVA / 3300 kVA	4130 kVA / 3455 kVA
Potenza di scarica con SCS UPXT (da -25°C a +25°C / 40°C opzionale 50°C) <sup>1)</sup>	4400 kVA / 3740 kVA	4600 kVA / 3910 kVA
Tensioni nominali tipiche CA	da 10 kV a 35 kV	da 10 kV a 35 kV
Frequenza di rete CA	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Gruppo vettoriale del trasformatore Dy11 / YNd11 / YNy0	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Tipo di raffreddamento del trasformatore	KNAN <sup>2)</sup>	KNAN <sup>2)</sup>
Perdite standard a vuoto del trasformatore / Eco Design 1 / Eco Design 2	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Perdite standard di corto circuito del trasformatore / Eco Design 1 / Eco Design 2	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Fattore massimo di distorsione	< 3%	
Inmissione di potenza reattiva (fino a max 60% della potenza nominale)	o	
Fattore di potenza a potenza nominale / fattore di sfasamento regolabile	1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo	
<b>Rendimento inverter</b>		
Grado di rendimento max <sup>3)</sup> / Grado di rendimento europeo <sup>3)</sup> / Grado di rendimento CEC <sup>4)</sup>	98,8% / 98,7% / 98,5%	98,8% / 98,7% / 98,5%
<b>Dispositivi di protezione</b>		
Dispositivo di disinserzione lato ingresso	Sezionatore di carico CC	
Dispositivo di sgancio lato uscita	Interruttore a vuoto MT	
Protezione contro sovratensioni CC	Scaricatore di sovratensioni tipo I	
Separazione galvanica	●	
Resistenza ad archi elettrici cabina elettrica MT (secondo IEC 62271-202)	IAC A 20 kA 1 s	
<b>Dati generali</b>		
Dimensioni (L / A / P)	6058 mm / 2896 mm / 2438 mm	
Peso	< 18 t	
Autoconsumo (max / carico parziale / medio) <sup>1)</sup>	< 8,1 kW / < 1,8 kW / < 2,0 kW	
Autoconsumo (stand-by) <sup>1)</sup>	< 370 W	
Temperatura ambiente da -25°C a +45°C / da -25°C a +55°C / da -40°C a +45°C	● / ○ / ○	
Grado di protezione secondo IEC 60529	Cabine elettriche IP23D, elettronica inverter IP54	
Ambiente: standard / critico	● / ○	
Grado di protezione secondo IEC 60721-3-4 (4C1, 4S2 / 4C2, 4S4)	● / ○	
Valore massimo ammissibile per l'umidità relativa	95% (per 2 mesi/anno)	
Altitudine operativa max. s.l.m. 1000 m / 2000 m	● / ○	
Fabbisogno d'aria fresca inverter	6500 m³/h	
<b>Dotazione</b>		
Collegamento CC	Capicorda	
Collegamento CA	Connettore angolare conico esterno	
Tap changer per trasformatore di media tensione: senza / con	● / ○	
Avvolgimento di schermatura per trasformatore MT: senza / con	● / ○	
Pacchetto monitoraggio	o	
Colore involucro cabina	RAL 7004	
Trasformatore per utilizzatori esterni: senza / 10 / 20 / 30 / 40 / 50 / 60 kVA	● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○ / ○	
Impianto di distribuzione in media tensione: senza / 1 feeder / 3 feeder	● / ○ / ○	
2 feeder con sezionatore di carico, 1 feeder trasformatore con interruttore di potenza, resistenza ad arco elettrico interno IAC A Fl 20 kA 1 s secondo IEC 62271-200	● / ○ / ○	
Resistenza ai cortocircuiti impianto di distribuzione in media tensione [20 kA 1 s / 20 kA 3 s / 25 kA 1 s]	● / ○ / ○	
Accessori dei quadri di distribuzione in media tensione: senza / contatti ausiliari / motore per feeder trasformatore / collegamento a cascata / monitoraggio	● / ○ / ○ / ○ / ○	
Contenitore di raccolta olio integrato: senza / con	● / ○	
Standard (per ulteriori standard si veda la scheda tecnica dell'inverter)	IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, EN 50588-1, CSC Certificate	
● Dotazione di serie    ○ Opzionale    – Non disponibile		
Denominazione del tipo	MVPS-4400-S2	MVPS-4600-S2

## 6. SISTEMA D'ACCUMULO

Si è scelto di posizionare nel power skid anche uno scompartimento per l'alloggio del sistema di accumulo. La tecnologia delle batterie è caratterizzata dalla modularità, quindi un elemento di cella dell'ordine dei Wh può essere aggregato in moduli dell'ordine di grandezza dei kWh, che a sua volta vengono aggregati in soluzioni fino a taglie del MWh. L'energia elettrochimica viene stoccata e rilasciata in Corrente Continua (CC) e la regolazione della carica/scarica viene implementata all'interno di appositi dispositivi di gestione della batteria chiamati "Battery Management System" (BMS), che operano regolando la tensione.

E' stato inserito un sistema di conversione CC/CC che permetterà la gestione della carica/scarica della batteria in funzione delle esigenze di esercizio.

Il funzionamento in CC delle batterie determina che l'accoppiamento ad un impianto fotovoltaico può essere eseguito direttamente sul lato della corrente continua, permettendo ad un unico inverter di svolgere la funzione di conversione in CA sia per il sistema d'accumulo che per i pannelli fotovoltaici.

La taglia del sistema di accumulo dipende dal tipo di applicazione per il quale si prevede il suo utilizzo. La logica di funzionamento considerata è quella del "Peak Shaving", che prevede un appiattimento della curva d'immissione dell'impianto in quanto nelle ore centrali della giornata l'energia viene immagazzinata nel sistema di accumulo e viene poi immessa in rete o utilizzata dai carichi connessi all'impianto nelle ore di minore produzione fotovoltaica. La taglia scelta del sistema di accumulo per tale applicazione è di 11,7 MWh, LG CHEM TR1300, le cui caratteristiche dell'unità base sono contenute all'interno della seguente tabella.

Energia (kWh)	327.712
Capacità (Ah)	290
Tensione nominale (V)	1,130.36
Intervallo di tensione (V)	924 – 1,293.6
Dimensioni (W x H x D,mm)	1040 x 1200 x 1745
Peso (kg)	2308

**Caratteristiche tecniche LG-CHEM TR1300**

Lato inverter è necessario inserire anche un altro elemento che è il convertitore CC/CC di cui sono riportati i dati principali in tabella.

Massima potenza continuativa a 30°	500 kW a 1000 VDC 600 kW da 1200 VDC a 1500 VDC
Range tensione d'ingresso batterie	550 V a 1500 V
Range tensione d'ingresso fotovoltaico	550 V a 1500 V
Massima corrente continua a 30°	+/- 500 A
Tensione di alimentazione	120 V , 1-ph, 60 Hz, 600 VA 230 V , 1-ph, 50 Hz, 600 VA 277 V , 1-ph, 60 Hz, 600 VA

**Caratteristiche tecniche convertitore DC/DC SMA**

## 7. QUADRI BT E MT

Contengono i dispositivi di protezione attiva e saranno principalmente contenuti all'interno dei power skid e delle cabine. Il quadro MT che compone l'Impianto di utenza per la connessione deve essere realizzato in conformità alla CEI 0-16 e quindi disporre di:

- **Sezionatore generale:** posto immediatamente a valle del punto di connessione e destinato a sezionare l'impianto di utenza dalla rete. La funzione di sezionamento per il sezionatore di linea deve essere conforme alla Norma CEI EN 62271-102 se fisso, oppure con la Norma CEI EN 62271-200 se la funzione di sezionamento viene conseguita mediante l'estraibilità dell'interruttore.
- **Dispositivo Generale (DG):** può essere realizzato con un interruttore tripolare in esecuzione estraibile con sganciatore di apertura e un interruttore tripolare con sganciatore di apertura e sezionatore tripolare da installare a monte dell'interruttore (eventualmente integrati in un unico involucro).
- **Sistema di protezione Generale (SPG):** è composto da trasformatori/trasduttori di corrente di fase e di terra con le relative connessioni al relè di protezione, relè di protezione con relativa alimentazione, circuiti di apertura dell'interruttore. Il SPG deve comprendere un relé di protezione generale (PG) che realizzi protezione di massima corrente di fase almeno bipolare a tre soglie, protezione di massima corrente omopolare e protezione direzionale di massima corrente omopolare (impianti superiori a 3 MW).
- **Dispositivo di interfaccia (DDI):** è in grado di assicurare sia la separazione di una porzione dell'impianto dell'Utente (generatori ed eventualmente carichi privilegiati) permettendo il loro funzionamento in modo isolato, sia il funzionamento dell'impianto in parallelo alla rete. Il dispositivo di interfaccia in MT può essere costituito un interruttore tripolare in esecuzione estraibile con sganciatore di apertura a mancanza di tensione, oppure da un interruttore tripolare con sganciatore di apertura a mancanza di tensione e un sezionatore installato a monte o a valle dell'interruttore.
- **Sistema di protezione di interfaccia (SPI):** agendo sul DDI, separa l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che in caso di mancanza della tensione di rete, l'Utente possa alimentare la rete stessa creando situazioni di esercizio in isola non intenzionale, oppure che in caso di guasto sulla linea MT cui è connesso, l'Utente sostenga il guasto ed, infine, in caso di richiusure automatiche o manuali di interruttori della rete di distribuzione, il generatore convenzionale possa trovarsi in condizioni tali da provocare il danneggiamento del generatore stesso.
- **Dispositivo del generatore (DDG):** è in grado di escludere dalla rete i soli gruppi di generazione singolarmente. Per gruppi di generazione MT, il dispositivo DDG può essere costituito da un interruttore tripolare in esecuzione estraibile con sganciatori di apertura, oppure da un interruttore tripolare con sganciatore di apertura ed un sezionatore installato sul lato rete dell'interruttore.



## 8. QUADRO DI CAMPO

Il combiner box o quadro di campo è il quadro in corrente continua che permette il parallelo delle stringhe. Al suo interno ha i fusibili, gli scaricatori di sovratensione, il sezionatore e un sistema di monitoraggio che permette l'individuazione di stringhe guaste. Il combiner box deve essere posizionato all'esterno, quindi è stato scelto un grado di protezione IP65.

## 9. CAVI DI POTENZA BT, MT, AT

Nella realizzazione degli impianti saranno impiegati cavi aventi caratteristiche rispondenti alle specifiche richieste dalle diverse condizioni di posa. Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo idoneo per le tre sezioni d'impianto (continua, alternata bassa tensione, alternata media tensione) in rame e in alluminio. Il dimensionamento del conduttore è a norma CEI e la scelta del tipo di cavi è armonizzata anche con la normativa internazionale.

Sezione in corrente continua:

- cablaggio interno del generatore fotovoltaico: cavi in posa libera fissata alle strutture di sostegno protette dalla sagoma della carpenteria, fascette anti-UV dove serve e equipaggiate ai terminali di stringa con connettori IP65, cavi in posa interrata dalle strutture di sostegno ai quadri di parallelo.
- cablaggio quadri di parallelo - inverter: cavi in posa intubata con PVC corrugato rigido o flessibile in cavidotto, sia interrato che fuori terra in calcestruzzo con chiusino.

Sezione in corrente alternata

- cablaggio inverter - trafo: sbarre presenti all'interno del power skid.

Sezione in media tensione:

- cablaggio cabine di campo - cabina di consegna: cavi MT in cavidotto interrato e fuori terra in calcestruzzo con chiusino.
- cablaggio cabina di consegna – trafo AT: cavi MT in cavidotto interrato.

Sezione in alta tensione:

- trafo AT in olio – interruttore AT: cavo AT in cavidotto interrato in XLPE.

Tutti i cavi, ad eccezione dei cavi stringa (collegamento moduli inverter), saranno interrati con una profondità di posa di 50 cm per illuminazione perimetrale, di 80 cm per i cavi di bassa tensione e 150 cm per quelli di media e alta tensione, tutti saranno opportunamente segnalati mediante la posa di nastro ad una distanza di circa 30 cm verso il piano terreno.



## 10. CAVI DI CONTROLLO E TLC

Sia per le connessioni dei dispositivi di monitoraggio che di security verranno utilizzati prevalentemente due tipologie di cavo:

- cavi in rame multipolari twistati e non;
- cavi in fibra ottica.

I primi verranno utilizzati per consentire la comunicazione su brevi distanze data la loro versatilità, mentre la fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi comunicazione su grandi distanze, e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante come nel caso dell'invio di dati.

## 11. IMPIANTO DI TERRA

Sia il sistema di distribuzione della sezione in corrente continua (CC) che quello lato BT (bassa tensione) della sezione in alternata (CA) sarà di tipo IT, flottante senza punti a terra, con protezione da primo guasto con relè di isolamento elettrico.

Solo le masse metalliche saranno collegate all'impianto di terra di protezione realizzando una protezione dai contatti indiretti.

I moduli fotovoltaici sono in Classe II certificata senza messa a terra della cornice e ciò garantisce la protezione contro i contatti diretti con l'utilizzo anche dei cablaggi con cavi in doppio isolamento (isolamento delle parti attive) e degli involucri e barriere secondo la normativa vigente.

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un impianto di terra disperdente con una corda di rame nuda ed interconnessa con l'impianto di terra della Cabina Generale Utente. L'impianto di terra avrà inizio dalla cabina Generale Utente e raccorderà tutti i power skid. I gruppi di conversione avranno un impianto di terra disperdente ad anello realizzato con una corda di rame nuda ed interconnessa con l'impianto di terra della Cabina Generale Utente.

## 12. ASPETTI RELATIVI ALLA CONNESSIONE ALLA RETE

La taglia dell'impianto è di 15,45 MW<sub>p</sub> e la potenza complessiva degli inverter è stimata a circa 12,6 MW. La definizione di potenza nominale dell'impianto riportata sulla norma CEI è "Potenza apparente massima a cui un generatore elettrico o un trasformatore possono funzionare con continuità in condizioni specificate (kVA). Per generatori tradizionali ed eolici, come potenza nominale può essere indicata la potenza attiva del gruppo di generazione a cosφ nominale (turbina, convertitore, ecc.) (kW). 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." Si deduce che la potenza nominale dell'impianto in questo caso sia data dalla potenza degli inverter.

Alcuni inverter permettono il sovradimensionamento della sezione in corrente continua (CC) per tre principali motivi:

- I pannelli fotovoltaici si trovano a lavorare vicini alle condizioni STC, a cui è calcolata la loro potenza di picco, solo nelle ore centrali della giornata dei mesi primaverili ed estivi. In tutte le altre ore di funzionamento i pannelli lavorano al di sotto della loro potenza nominale, misurata in W<sub>p</sub>.
- La presenza del sistema di accumulo connesso direttamente in CC permette di far assorbire dalle batterie la potenza proveniente dalle stringhe dei pannelli fotovoltaici che eccede la taglia dell'inverter in corrente alternata (CA).
- Qualora la potenza prodotta dai pannelli fotovoltaici superasse la potenza in corrente alternata che l'inverter può erogare, l'inverter può agire sul suo MPPT (Maximum Power Point Tracker) e far lavorare i pannelli a valori di tensione e corrente a cui corrisponde una minore potenza prodotta. Tale taglio di potenza è generalmente definito come "clipping" e deve essere utilizzato solo in casi eccezionali perché riduce la quantità di energia immessa in rete dell'impianto.

Nel caso ci fossero problemi relativi alla disponibilità di inverter sovradimensionabili in DC e dell'impossibilità di connettere in CC il sistema d'accumulo per ridurre le perdite di "clipping", si può valutare la possibilità di installare inverter per una potenza complessiva d'impianto pari a quella di generazione CC.

Altrimenti si può procedere a ridurre il numero di moduli fotovoltaici dell'impianto e quindi anche la producibilità complessiva. Da un punto ambientale, in quest'ultimo caso, si procederebbe per una soluzione con minore impatto in quanto la superficie occupata dai pannelli sarebbe inferiore.

Per taglie di potenza nominale d'impianto superiori a 10 MW l'iter di connessione deve essere svolto tramite il gestore della rete di trasmissione nazionale TERNA, che può permettere la connessione alla propria rete di connessione in Alta Tensione (AT). Per taglie inferiori a 10 MW l'iter di connessione viene gestito dal distributore, che invece permette la connessione alla propria rete di distribuzione in Media Tensione (MT). A seconda del tipo di connessione ci sono altri aspetti che influiscono sui componenti d'impianto, in particolare:

- Il tipo di connessione fisico alla rete del distributore (ad antenna, entra/esci su linea esistente, ecc.).

- La distanza dell'impianto dalla cabina primaria (stazione AT/MT) a cui potenzialmente potersi collegare
- La disponibilità di potenza sulle linee MT vicine a cui potenzialmente potersi collegare

Questi parametri relativi alla connessione influiscono anche sulla taglia dei trasformatori di tensione, che a loro volta influenzano la scelta dell'inverter e del sistema di accumulo.

Infine, per potenze superiori a 10 MW, il gestore della rete di trasmissione TERNA potrebbe, in accordo con il distributore, permettere la connessione in MT.

Nell'attuale fase di progettazione dell'impianto, non avendo ancora a disposizione una STMG, si può solamente ipotizzare diversi tipi di connessione che possono essere eseguiti. Si valuterà l'impatto ambientale di entrambe le soluzioni di connessione in AT ed MT (schema di connessione del tipo A, norma CEI 0-16).

## 13. COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

### LIMITI DI COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (art. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

I limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100  $\mu$ T) come Valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;

Il valore di attenzione (10  $\mu$ T) e l'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Nel dettaglio, si riportano le seguenti tabelle con le definizioni ed i limiti di esposizione per basse frequenze:

Limite di esposizione	Valore che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione
Limite di attenzione	Valore che non deve essere superato negli ambienti a permanenza prolungata
Obiettivi di qualità	Limite da rispettare per installazioni future

DPCM 8 luglio 2003 – Basse frequenza (< 100 kHz)		
	Campo elettrico	Induzione magnetica
Limite di esposizione	5000 V/m	100 $\mu$ T
Valore di attenzione (media 24 h)		10 $\mu$ T
Obiettivi di qualità (media 24 h)		3 $\mu$ T

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione (par. 5.1.3 del Decreto 29 maggio 2008) con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T del campo magnetico.

Le definizioni di DPA e Fascia di rispetto sono, infatti, così definite:

- **Distanza di prima approssimazione (DPA):** per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto; e per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra;
- **Fascia di rispetto:** spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T).

## SORGENTI A BASSA FREQUENZA (ELF)

Le basse frequenze, o ELF (Extremely Low Frequency), consistono in campi elettrici e magnetici di che si formano in corrispondenza di elettrodotti (a bassa, media ed alta tensione), e di tutti i dispositivi domestici alimentati a corrente elettrica, di intensità decisamente inferiore, quali elettrodomestici, videotermini, etc.

Gli altri componenti del sistema di trasmissione e distribuzione che sono diffusi sul territorio, cioè le stazioni e le cabine, non sono in pratica delle importanti sorgenti di campo elettrico dal punto di vista dell'esposizione della popolazione.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche aeree in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

Si distinguono due principali tipologie di sorgenti in base alle diverse caratteristiche del campo emesso:

- Quelle deputate al trasporto e distribuzione dell'energia elettrica;
- Quelle degli apparecchi che utilizzano energia elettrica.

Nella situazione in esame si tratta di elettrodotti cioè sorgenti di campo elettromagnetico a frequenza industriale (50 – 60 Hz). Per elettrodotto si intende l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Le cabine di trasformazione rappresentano un problema molto minore dal punto di vista dell'inquinamento elettromagnetico, poiché a pochi metri di distanza i campi elettrici e magnetici sono già trascurabili.

Le linee elettriche portano energia elettrica dai centri di produzione agli utilizzatori (industrie, abitazioni, etc.) mentre le cabine di trasformazione trasformano la corrente prodotta dalle centrali in tensioni più basse per l'utilizzazione nelle applicazioni pratiche.

Le tensioni di esercizio delle linee elettriche in Italia si distinguono in 15 kV e 20 kV per la media tensione, 36, 132, 220 e 380 kV per l'alta tensione.

## CALCOLO DISTANZA PRIMA APPROSSIMAZIONE PER I COMPONENTI IN PROGETTO

Le apparecchiature elettriche presenti in impianto, sorgenti di campo elettromagnetico, sono le seguenti:

- Campo Fotovoltaico (moduli fotovoltaici e cavi);
- Inverter e cabina di trasformazione BT/MT;
- Cabina di trasformazione MT/AT;
- Elettrodotto interrato di alta tensione (AT) tra Cabina di Interfaccia e Cabina Primaria Terna 36kV;
- Elettrodotti interrati di media tensione (MT)

## CAMPO FOTOVOLTAICO

Il campo fotovoltaico risulta formato dall'insieme delle stringhe di moduli fotovoltaici, e dai rispettivi cavi elettrici in c.c. (tipo HIZ222-K) che conducono all'ingresso inverter di stringa. Considerato che:

- I moduli fotovoltaici lavorano in corrente continua, per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transistori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento), peraltro di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici secondo la Norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono pertanto menzionate prove di compatibilità elettromagnetica poiché assolutamente irrilevanti.
- Nel caso di una buona esecuzione delle opere, i cavi con diversa polarizzazione (+ e -) sono posti a contatto, con
- l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno;
- I cavi relativi alle dorsali principali, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo sono molto distanti dai confini dell'impianto (almeno 30 m);
- Le linee dati, per il monitoraggio e la trasmissione dati, sono realizzate normalmente in cavo schermato e quindi interessate da correnti di valore estremamente modesto;

si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo elettromagnetico.

## INVERTER

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi, pertanto, sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze.

D'altro canto, il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN

61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)).

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- i disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle proprie linee;
- le variazioni di tensione e frequenza. Gli effetti sulla rete di tali variazioni sono limitati dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia.

Tuttavia, le fluttuazioni di tensione e frequenza hanno per lo più origine dalla rete stessa; si rendono quindi necessarie finestre di taratura abbastanza ampie per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico; - la componente continua immessa in rete. La presenza del trasformatore elevatore permette di bloccare tale componente. Ad ogni modo, anche il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.



Si specifica, come tali ambienti (cabinati tecnici) sono aree di accesso esclusivo agli operatori tecnici che saltuariamente vi accederanno per limitati periodi temporali (inferiore a 4 h/gg) per esigenze connesse con la manutenzione e la gestione dell'impianto.

Inoltre, la zona in cui l'induzione magnetica supera il valore di 100  $\mu$ T, è confinata esclusivamente all'interno del vano trasformatore, la cui accessibilità è consentita solo in caso di assenza di tensione.

Non vi saranno, né all'interno delle fasce di rispetto individuate, né nelle immediate vicinanze luoghi destinati alla permanenza di persone per oltre 4 ore/giorno e non vi saranno nelle immediate vicinanze aree accessibili a persone diverse degli addetti professionalmente esposti. Il perimetro dell'impianto fotovoltaico risulterà infatti dotato di recinzione.

## TRASFORMATORE AT/MT - 36/20KV

Considerando l'installazione di un trasformatore ad olio, con potenza nominale di 16MW, atto alla conversione della tensione da 36KV a 20KV. Applicando la seguente formula:

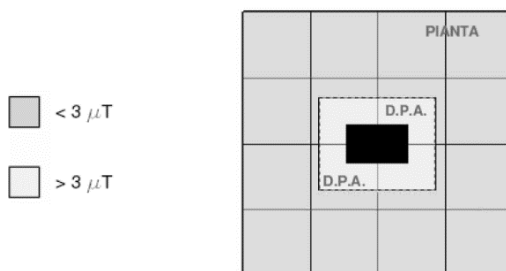
$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

in cui:

I = corrente nominale (secondaria del trasformatore – lato MT) [A];

x = diametro reale (conduttore+isolante) dei cavi in uscita dal trafo – lato MT [m];

Considerato che la potenza nominale del trasformatore AT/MT installato è di 16 MVA, la corrente nominale lato MT sarà pari a 462A. La sezione del cavo MT (tipo ARE4H5EX 12/20KV) ipotizzata è: (3x1x185) mm<sup>2</sup>. Il cavo unipolare risulta di sezione 370 mm<sup>2</sup>, con un diametro esterno di 70 mm (0,070 m). Ne consegue una DPA pari a 2,18 m.



Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al mezzo metro superiore, risulta che DPA=2,50m, da intendersi come distanza dal filo esterno dell'area di contenimento del trasformatore.

## TRASFORMATORE MT/BT 20KV/400V

La cabina elettrica di media tensione sarà direttamente integrata nel power skid con l'inverter fotovoltaico. Ipotizzando una taglia del trasformatore di potenza nominale 4400 kVA e applicando la seguente formula:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

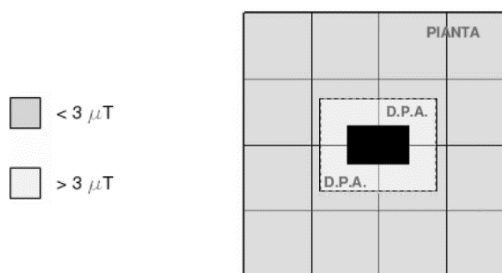
in cui:

I = corrente nominale (secondaria del trasformatore – lato BT) [A];

x = diametro reale (conduttore+isolante) dei cavi in uscita dal trafo – lato BT [m];

Considerato che la potenza nominale del trasformatore MT/BT la corrente nominale lato BT sarà di 6351° divisa in due sbarre 200mm X 6mm<sup>2</sup> ciascuna, il diametro esterno risulta di 40,0 mm (0,040 m). Ne consegue una DPA pari a 14,51 m.

Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al mezzo metro superiore, risulta che DPA=15,00m, da intendersi come distanza dal filo esterno del box/container.



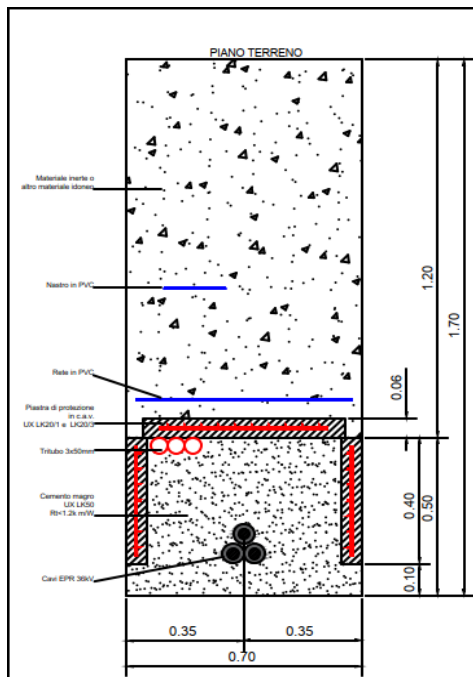
## ELETTRODOTTO INTERRATO DI ALTA TENSIONE (AT)

Nel caso di connessione in AT, si ipotizza che dalla cabina di interfaccia 36KV (AT), presente al perimetro dell'impianto, dipartirà l'elettrodotto AT (36 KV) interrato in cavo tipo RG7H1RFR 26/45KV o similare in formazione 3(1x500) mmq, che conduce alla Cabina Primaria di Terna per la connessione alla rete di 36/150/380 kV.

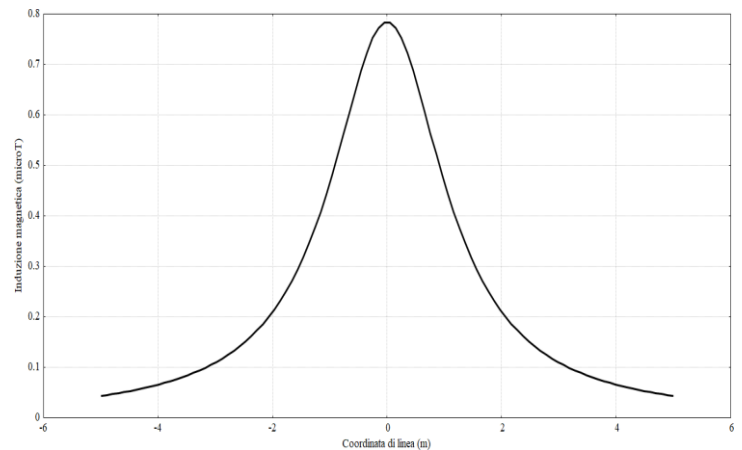
Le cabine di trasformazione BT/AT denominate 1-3-5 e la cabina di interfaccia 36KV (AT) saranno collegate tramite elettrodotto interrato AT (36 KV), in entra ed esci con posa a trifoglio, in cavo tipo RG7H1RFR 26/45KV o similare.

A favore di sicurezza, per contenere la caduta di tensione della linea, si prevede l'adozione di cavo con sez. 3x1x150 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in politenereticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in politene con grafitatura esterna.

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la portata massima: adottando la posa dei cavi a trifoglio ad una profondità di 1,6 m e considerando una resistività termica del terreno di 1,5 K m/W, il valore di portata è pari a circa 151 A, valore adottato per il calcolo. Si è inoltre considerato la configurazione dell'elettrodotto in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.



**Tipica posa cavidotto AT**



**Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo  
AT calcolata a livello del suolo**

Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

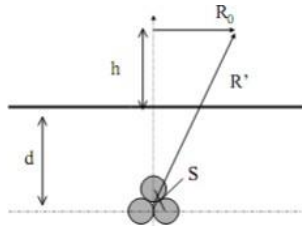
Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo. Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 μT.

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0.286 \cdot \sqrt{S} \cdot I \text{ (m)}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$S = 0.0513 \text{ m}$  (uguale al diametro esterno del cavo pari a 51,3 mm)  $I = 151 \text{ A}$

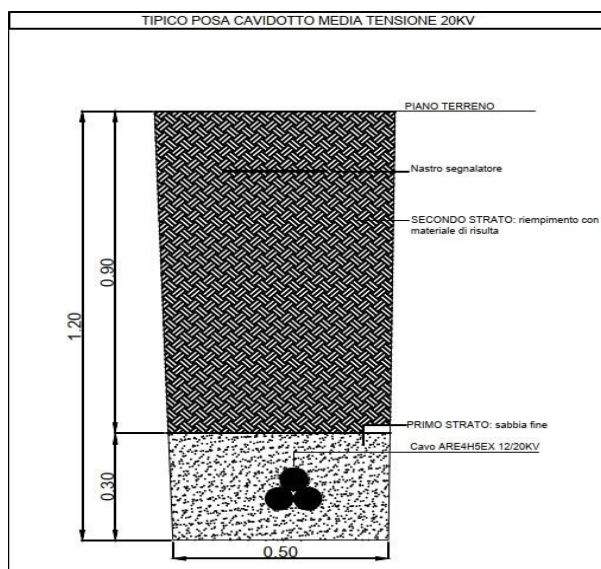
Si ottiene:

$R' = 0.796 \text{ m}$

che arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 1 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

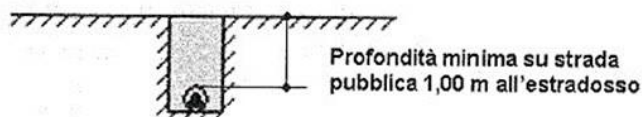
## ELETTRODOTTO INTERRATO DI MEDIA TENSIONE (MT)

Nel caso di connessione in MT, in uscita dal trasformatore 36/20kV, diparte l'elettrodotto MT (15 o 20 KV) interrato in cavo elicordato tipo ARE4H5EX 12/20KV o similare, che conduce alla cabina di consegna o alla sottostazione AT.

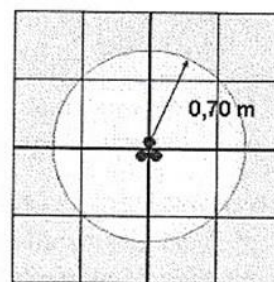


Si evidenzia che il progetto prevede l'impiego di cavi MT di tipo elicordato, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17. Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3\mu\text{T}$ , anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

Si fa notare peraltro che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata. Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto all'interno della fascia di asservimento della linea.



Fascia di rispetto ( $B > 3 \mu\text{T}$ )  
Non rappresentabile in quanto  
di dimensione molto ridotta



Fascia di rispetto ( $B > 3 \mu\text{T}$ ) per cavo interrato MT ad elica visibile (passo d'elica 3 m) – sez. 185 mm<sup>2</sup> – In 324 A

Sulla base dell'analisi condotta e dei risultati emersi si può concludere quanto segue:

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in Alta tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa).

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di cavidotti ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente al cavidotto MT, realizzato mediante l'uso di cavi elicordati, tale caso rientra tra i punti indicati al paragrafo 3.2 dell'allegato al DM 29/5/2008, "linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree)", per le quali l'applicazione della metodologia di calcolo è esclusa in quanto le fasce associabili hanno ampiezza ridotta inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n° 449/88 e dal decreto del Ministro dei lavori Pubblici del 16 Gennaio 1991.

Per quanto concerne il cavidotto di interconnessione esterno AT 36KV, è stato preso in esame il caso più critico ed è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 3 m; sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non superiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda la cabina di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore MT/BT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge già a circa 15 m (DPA) dal power skid. Comunque, considerando che nelle cabine di trasformazione non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'area sarà racchiusa all'interno di una recinzione impedirà l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.

## 14. RIFERIMENTI NORMATIVI

Norme generali sulla sicurezza:

- DM 37/08 (ex Legge 46/90) e successive modificazioni e integrazioni, sulla sicurezza degli impianti;
- D.Lgs. 81/08 (ex Legge 626/94) e successive modificazioni e integrazioni, sulla sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- Legge 1° marzo 1968, n. 186: “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”
- Prescrizioni delle Autorità Locali, comprese quelle dei Vigili del Fuoco.

Norme tecniche generali di riferimento:

- CEI 0-2: “Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici”;
- 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 11-1: “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Norme generali”;
- CEI 11-8: “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Impianti di terra”;
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): “Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico”;
- CEI 11-17: “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - linee in cavo”;
- CEI 11-18: “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni”;
- CEI 11-20: “Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria”;
- CEI 11-25: “Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata (1° edizione)”;
- CEI 11-26: “Calcolo degli effetti delle correnti di cortocircuito (1° edizione)”;
- CEI 11-27: “Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”;
- CEI 82-25: “Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione”;
- Prescrizioni o indicazioni dell'Ente Distributore dell'energia elettrica e dall'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas.

Norme per connessione alla rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

- CEI EN 61936-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni
- CEI EN 50522 Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo



- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
- CEI 11-20, V1 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante
- CEI 11-20, V2 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria – Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro generatori
- CEI 11-20, V3 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria- Variante
- CEI EN 50110-1 Esercizio degli impianti elettrici - Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 50160 Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica

Norme generali sulla sicurezza:

- DM 37/08 (ex Legge 46/90) e successive modificazioni e integrazioni, sulla sicurezza degli impianti;
- D.Lgs. 81/08 (ex Legge 626/94) e successive modificazioni e integrazioni, sulla sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- Legge 1° marzo 1968, n. 186: "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici"
- Prescrizioni delle Autorità Locali, comprese quelle dei Vigili del Fuoco.

Norme tecniche generali di riferimento:

- CEI 0-2: "Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici";
- 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 11-1: "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Norme generali";
- CEI 11-8: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Impianti di terra";
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): "Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico";
- CEI 11-17: "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - linee in cavo";
- CEI 11-18: "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni";
- CEI 11-20: "Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria";
- CEI 11-25: "Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata (1° edizione)";

- CEI 11-26: “Calcolo degli effetti delle correnti di cortocircuito (1°edizione)”;
- CEI 11-27: “Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”;
- CEI 82-25: “Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione”;
- Prescrizioni o indicazioni dell’Ente Distributore dell’energia elettrica e dall’Autorità per l’Energia Elettrica ed il Gas.

Norme per connessione alla rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

- CEI EN 61936-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni
- CEI EN 50522 Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
- CEI 11-20, V1 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante
- CEI 11-20, V2 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria – Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro generatori
- CEI 11-20, V3 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria- Variante
- CEI EN 50110-1 Esercizio degli impianti elettrici - Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 50160 Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell’energia elettrica

Moduli fotovoltaici

Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI EN 50380: Requisiti per la marcatura e la documentazione dei moduli fotovoltaici
- CEI EN 50461: Celle solari - Fogli informativi e dati di prodotto per celle solari al silicio cristallino
- CEI EN 50521: Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove
- CEI EN IEC 60891: Procedure per correzioni di temperatura e irraggiamento alle caratteristiche I-V misurate di dispositivi fotovoltaici
- CEI EN IEC 60904-1: Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
- CEI IEC TS 60904-1-2: Dispositivi fotovoltaici – Parte 1-2: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione di dispositivi fotovoltaici (FV) bifacciali

- CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici Parte 2: Prescrizioni per i dispositivi fotovoltaici di riferimento
- CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici Parte 3: Principi di misura per dispositivi solari fotovoltaici (FV) per uso terrestre, con spettro solare di riferimento
- CEI EN 60904-4: Dispositivi fotovoltaici Parte 4: Dispositivi di riferimento fotovoltaici - Procedure per stabilire la tracciabilità della taratura
- CEI EN 60904-5: Dispositivi fotovoltaici - Parte 5: Determinazione della temperatura equivalente di cella (ETC) dei dispositivi solari fotovoltaici con il metodo della tensione a circuito aperto
- CEI EN 60904-7: Dispositivi fotovoltaici Parte 7: Calcolo della correzione dell'errore di disadattamento fra le risposte spettrali nelle misure di dispositivi fotovoltaici
- CEI EN 60904-8: Dispositivi fotovoltaici - Parte 8: Misura della risposta spettrale di un dispositivo fotovoltaico
- CEI EN 60904-9: Dispositivi fotovoltaici - Parte 9: Requisiti prestazionali dei simulatori solari
- CEI EN 60068-2-21: Prove ambientali - Parte 2-21: Prove - Prova U: Robustezza dei terminali e dell'interconnessione dei componenti sulla scheda
- CEI EN 61215-1: Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1: Prescrizioni per le prove
- CEI EN 61215-1-1: Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-1: Prescrizioni particolari per le prove di moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino

Inverter e dispositivi elettrici ed elettronici

Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI EN 50524: Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici
- CEI EN 50530: Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica
- CEI EN 62109-1: Sicurezza degli apparati di conversione di potenza utilizzati in impianti fotovoltaici di potenza - Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 62109-2: Sicurezza dei convertitori di potenza utilizzati negli impianti fotovoltaici Parte 2: Prescrizioni particolari per gli inverter

Connessione alla rete e sicurezza elettrica

Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 11-27: Lavori su impianti elettrici CEI

- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua
- CEI 64-8/7: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari - Sez.712: Sistemi Fotovoltaici (PV) di alimentazione
- CEI 64-12: Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI 64-14: Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori
- CEI IEC/TS 60479-1: Effetti della corrente elettrica attraverso il corpo umano e gli animali domestici  
Parte 1: Aspetti generali
- IEC 60364-7-712: Low voltage electrical installations – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems
- CEI 64-57: Edilizia a uso residenziale e terziario - Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici - Impianti di piccola produzione distribuita
- CEI EN 61140: Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature
- CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

#### Quadri elettrici

##### Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI EN 61439-1: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali
- CEI EN 61439-2: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 2: Quadri di Potenza;
- CEI EN 61439-3: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)
- CEI 23-51: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare

#### Dispositivi di potenza

##### Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI EN 50123 (serie) Collegamento in rete di apparecchi elettrici di uso domestico
- CEI EN 50178 Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza
- CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
- CEI EN 60898-2 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari - Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua

- CEI EN 60947-1 Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali
- CEI EN 60947-2 Apparecchiature a bassa tensione – Parte 2: Interruttori automatici
- CEI EN 60947-4-1 Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori – Contattori e avviatori elettromeccanici

#### Fusibili

Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI EN 60269-1 (CEI 32-1), “Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata e a 1500 V per corrente continua - Parte 1: Prescrizioni generali”;
- CEI EN 60269-2 (CEI 32-4), “Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata e a 1500 V per corrente continua - Parte 2: Prescrizioni supplementari per i fusibili per uso da parte di persone addestrate (fusibili principalmente per applicazioni industriali);
- CEI EN 60269-3 (CEI 32-5), “Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata e a 1500 V per corrente continua - Parte 3: Prescrizioni supplementari per i fusibili per uso da parte di persone non addestrate (fusibili principalmente per applicazioni domestiche e similari)”.

#### Scariche atmosferiche e sovratensioni

Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI EN 62561-1: Componenti dei sistemi di protezione contro i fulmini - Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione
- CEI EN 61643-11: Limitatori di sovratensioni di bassa tensione - Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione Prescrizioni e prove
- CEI EN 62305-1 Protezione contro i fulmini - Parte 1: Principi generali
- CEI EN 62305-2: Protezione contro i fulmini - Parte 2: Valutazione del rischio
- CEI EN 62305-3: Protezione contro i fulmini - Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI EN 62305-4: Protezione contro i fulmini - Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

#### Cavi e condutture

Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI 20-13 Cavi per energia isolati con mescola elastomerica con e senza particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) - Tensioni nominali da U<sub>0</sub>/U 0,6/1 a U<sub>0</sub>/U 18/30 kV in c.a.
- CEI 20-14 Cavi per energia isolati con una mescola termoplastica in polivinilcloruro con e senza particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) - Tensioni nominali U<sub>0</sub>/U 0,6/1 kV e 1,8/3 kV in ca

- CEI 20-38 Cavi per energia a basso sviluppo di fumi opachi e gas acidi isolati con mescola elastomerica con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) con tensioni nominali  $U_0/U$  non superiori a 0,6/1 kV in ca.
- CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
- CEI 20-40/1-1 Allegato nazionale alla Norma CEI EN 50565-1 Cavi elettrici - Guida all'uso dei cavi con tensione nominale non superiore a 450/750 V ( $U_0/U$ ) Parte 1: Criteri generali
- CEI 20-40/2-1 Allegato nazionale alla Norma CEI EN 50565-2 Cavi elettrici - Guida all'uso dei cavi con tensione nominale non superiore a 450/750 V ( $U_0/U$ ) Parte 2: Criteri specifici relativi ai tipi di cavo specificati nella Norma EN 50525
- CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
- CEI EN 50618 Cavi elettrici per impianti fotovoltaici
- CEI EN 61386-1 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche - Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 61386-24 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche - Parte 24: Prescrizioni particolari - Sistemi di tubi interrati
- CEI EN 62444 Pressacavi per installazioni elettriche

Monitoraggio, Sistemi di misura e Prestazioni

Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI EN 61724-1 Prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Parte 1: Monitoraggio
- IEC TS 61724-2 Photovoltaic system performance - Part 2: Capacity evaluation method
- IEC TS 61724-3 Photovoltaic system performance - Part 3: Energy evaluation method
- CEI EN 62052-11 Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Parte 11: Apparato di misura
- CEI EN 62053-11 Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 11: Contatori elettromeccanici per energia attiva (classe 0,5, 1 e 2)
- CEI EN 62053-21 Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2)

- CEI EN 62053-22 Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 22: Contatori statici per energia attiva (classe 0,2 S e 0,5 S)
- CEI EN 50470-1 Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-2 Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 2: Prescrizioni particolari - Contatori elettromeccanici per energia attiva (indici di classe A e B)
- CEI EN 50470-3 Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 62059-31-1 Apparat per la misura dell'energia elettrica – Fidatezza - Parte 31-1: Prove accelerate di affidabilità - Temperatura ed umidità elevate
- CEI TS 13-82 Sistemi di misura dell'energia elettrica - Comunicazione con i dispositivi utente Parte 1: Casi d'uso
- CEI TS 13-83 Sistemi di misura dell'energia elettrica - Comunicazione con i dispositivi utente Parte 2: Modello dati e livello applicativo
- CEI EN 61853-1 Misura delle prestazioni e dell'energia nominale erogata da moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Misura delle prestazioni e della potenza nominale erogata da moduli fotovoltaici (FV) in funzione dell'irraggiamento e della temperatura
- CEI EN 61853-2 Misura delle prestazioni e classificazione energetica dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 2: Misure della risposta spettrale, dell'angolo di incidenza e della temperatura di esercizio dei moduli
- CEI EN 61853-3 Misura delle prestazioni e classificazione energetica dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 3: Classificazione energetica dei moduli FV
- CEI EN 61853-4 Misura delle prestazioni e classificazione energetica dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 4: Profili climatici normalizzati di riferimento
- CEI EN 62759-1 Prove di trasporto di moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Trasporto e spedizione di pile di moduli
- CEI EN 62790 Scatole di giunzione per moduli fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove
- CEI EN 60904-1-1 Dispositivi fotovoltaici Parte 1-1: Misura della caratteristica tensione-corrente dei dispositivi fotovoltaici multigiunzione
- CEI EN 60904-8-1 Dispositivi fotovoltaici Parte 8-1: Misura della responsività spettrale dei dispositivi fotovoltaici multigiunzione
- CEI EN 62920 Prescrizioni EMC e metodi di prova per apparati di conversione della potenza applicabili a impianti fotovoltaici
- CEI EN 62979 Prova di deriva termica dei diodi di bypass per moduli fotovoltaici
- CEI EN 62805-1 Metodo di misura per vetro solare fotovoltaico (FV) Parte 1: Misura della dispersione della luce e della distribuzione spettrale della luce

- CEI EN 62805-2 Metodo di misura per vetro solare fotovoltaico (FV) Parte 2: Misura della trasmittanza e della riflettanza
- CEI EN 62892 Prova prolungata di ciclo termico di moduli FV - Procedura di prova
- CEI EN 63202-1 Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura del degrado indotto dalla luce di celle solari in silicio cristallino

#### Compatibilità elettromagnetica

- CEI EN 50255-26 Relè di misura e dispositivi di protezione - Parte 26: Requisiti di compatibilità elettromagnetica
- CEI EN 61000-2-2 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 2-2: Ambiente - Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione
- CEI EN 61000-2-4 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 2-4: Ambiente - Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti industriali
- CEI EN 61000-3-2 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3-2: Limiti - Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase)
- CEI EN 61000-3-3 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3-3: Limiti - Limitazione delle emissioni di tensione fluttuante, dei disturbi di tensione a impulsi e dei disturbi di tensione brevi su reti elettriche a bassa tensione
- CEI EN 61000-4-2 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 4-2: Tecniche di prova e misura - Tecniche di prova per la scarica elettrostatica
- CEI EN 61000-4-3 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 4-3: Tecniche di prova e misura - Tecniche di prova per i disturbi irradiati a radiofrequenza
- CEI EN 61000-4-4 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 4-4: Tecniche di prova e misura - Tecniche di prova per i disturbi transitori condotti a radiofrequenza
- CEI EN 61000-4-5 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 4-5: Tecniche di prova e misura - Sovratensioni
- CEI EN 61000-4-6 Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 4-6: Tecniche di prova e misura - Immunità ai disturbi condotti, indotti e a campo

#### Rischio incendio

#### Principali norme tecniche di riferimento:

- CEI TR 82-89 Rischio d'incendio nei sistemi fotovoltaici - Comportamento all'incendio dei moduli fotovoltaici installati su coperture di edifici: protocolli di prova e criteri di classificazione
- EN 50670:2016 Esposizione esterna al fuoco di coperture in combinazione con impianti fotovoltaici (PV) - Metodo(i) di prova
- CEN TS 1187:2012 Metodi di prova per l'esposizione esterna al fuoco di coperture