



REGIONE PUGLIA
 PROVINCIA DI FOGGIA
 COMUNE DI FOGGIA



PROGETTO DELL'IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CON INTEGRAZIONE AGRICOLA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN CONTRADA TORRE DI LAMA AL FG. N. 7 PP. N. 101, 239, 447, 449, 451 E FG. N. 9 PP. N. 79, 195, 196, 222, 224, 225, 226, 227, 690, 691, DI POTENZA PARI A 19.359,00 kWp DENOMINATO "TORRE DI LAMA"

PROGETTO DEFINITIVO

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI DEL PROGETTO TORRE DI LAMA 2



livello prog.	Codice Istanza	N.Elaborato	DATA	SCALA
PD	4WZGYD6	A11.2	30.03.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE

TRINA SOLAR TETI S.r.l.
 Piazza Borromeo 14, 20123 Milano



ENTE

PROGETTAZIONE



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



FIRMA RESPONSABILE TECNICO

***Impianto fotovoltaico identificato con codice di
rintracciabilità T0737329***

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

Potenza del generatore fotovoltaico = 11988 kWp

Potenza nominale impianto = 9750 kW

Potenza in immissione concessa = 9750 kW

Sommario

1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI	3
1.1 Generalità	3
1.2 Layout di impianto	5
2. CARATTERISTICHE TECNICHE	8
2.1 Moduli fotovoltaici	8
2.2 Strutture di supporto	9
2.3 Cavi BT	11
2.4 Quadri parallelo stringhe	12
2.5 Locali Inverter	13
2.6 Dispositivi di generatore DDG	16
2.7 Locali di trasformazione	16
2.8 Linee elettriche MT	18
2.9 Quadro elettrico generale di media tensione	19
2.10 Dispositivo generale utente (DG)	20
2.11 Dispositivi di interfaccia (DDI)	20
2.12 Quadro servizi ausiliari	20
2.13 Gruppi di misura dell'energia	20
2.14 Valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto	21
3. SICUREZZA ELETTRICA	23
3.1 Protezione dalle sovracorrenti	23
3.2 Protezione contro i contatti diretti	23
3.3 Protezione contro i contatti indiretti	23

1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI

1.1 Generalità

La presente relazione tecnica è parte integrante del progetto definitivo della centrale di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile, attraverso tecnologia fotovoltaica, denominata “Torre di Lama”, suddiviso elettricamente in due impianti distinti denominati rispettivamente “TORRE DI LAMA 1” e “TORRE DI LAMA 2”, che sarà realizzata territorio comunale di Foggia (FG) in contrada Torre Di Lama.

La presente relazione analizzerà nel dettaglio l'impianto elettrico **Torre di Lama 2**, (il cui numero di rintracciabilità della TICA è 227816419), e che verrà installato su lotti di terreno distinti al N.T.C. fg. n.7 p.lle 447 (in parte), 449 (in parte) e 451, fg. 9 p.lle 79 (in parte), 195 (in parte), 196 (in parte), 222 224 (in parte), 225 (in parte), 226 (in parte), 227 (in parte), 690, 691.



Figura 1: Inquadramento territoriale su Ortofoto – Torre di Lama 2 in verde

L'impianto sarà connesso alla Rete Elettrica di Distribuzione di Media Tensione di e-Distribuzione, attraverso la realizzazione di una nuova cabina di consegna, conforme alla specifica tecnica e-Distribuzione DG2092 Tipo A edizione 3, collegata in antenna da futura cabina primaria AT/MT “Foggia-Amendola”, per mezzo di una nuova linea elettrica di media tensione.

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

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

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

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

strettamente necessarie per la connessione (nuova cabina primaria e nuovi raccordi a 150kV) costituiscono *l'impianto di rete per la connessione*, mentre la restante parte di impianto, a valle del punto di consegna, costituisce *l'impianto di Utente*.

Vengono di seguito descritte le caratteristiche dei componenti costituenti l'impianto di Utente, rimandando ad apposita relazione tecnica per quanto riguarda le caratteristiche dell'impianto di rete per la connessione

1.2 Layout di impianto

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione tecnica, ha una potenza di picco pari a 11988 kWp, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli scelti, in fase di progettazione definitiva, per realizzare il generatore.

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

I moduli scelti sono in silicio monocristallino, hanno una potenza nominale di 500 Wp e sono costituiti da 150 celle fotovoltaiche.

Per massimizzare la producibilità energetica è previsto l'utilizzo di tracker monoassiali del tipo 2-V da 27 moduli con pitch pari a 8,5 m.

Complessivamente sono stati posizionati tracker da 108 e 54 moduli per un totale di 23976 moduli.

L'impianto sarà suddiviso in 3 sottocampi fotovoltaici, per ognuno dei quali è prevista la realizzazione di un locale di conversione e trasformazione dell'energia elettrica prodotta.

Tenendo conto del numero di moduli complessivamente installati, la configurazione ottimale che consente di soddisfare le condizioni di coordinamento elettrico stringhe-inverter prevede la realizzazione di stringhe da 27 moduli in serie, per un totale di 888 stringhe da suddividere in 39 inverter di stringa da 250 kW.

Nel dettaglio le stringhe fotovoltaiche saranno collegate in parallelo tra loro attraverso appositi quadri di parallelo stringhe, equipaggiati con IMS combinati con fusibili, scaricatori di sovratensione e diodi di blocco.

Dai quadri di parallelo, partiranno le linee elettriche in DC che andranno a collegarsi direttamente ai gruppi di conversione, i quali potranno essere installati o direttamente sulle strutture di sostegno dei moduli o, in alternativa, all'interno dei locali di conversione.

Qui verrà eseguita la conversione e la trasformazione dell'energia elettrica prodotta, innalzando il valore della tensione al livello della media tensione (20 kV), attraverso trasformatori BT/MT.

Per l'interconnessione dei sottocampi è prevista la realizzazione di n° 1 linea elettrica di media tensione ARE4H5EX 12/20kV 3x(1x240)mm², la quale alimenterà in entra-esce le cabine di trasformazione previste.

La linea verrà collegata al quadro elettrico generale di media tensione installato all'interno del locale Utente, adiacente alla Cabina di consegna e-Distribuzione.

Quanto sopra descritto, viene rappresentato nello schema a blocchi di seguito riportato:

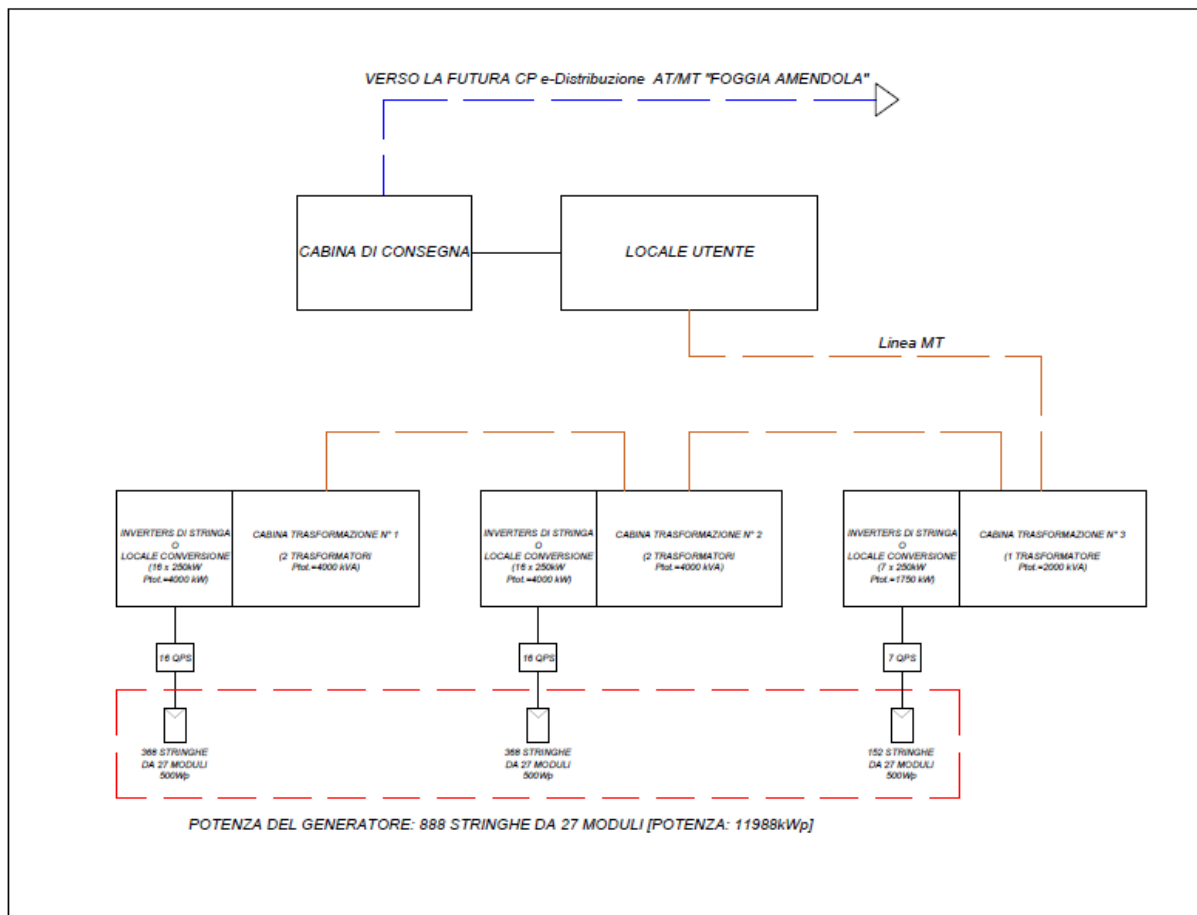


Figura 2: schema a blocchi rappresentativo dell'impianto

Di seguito si riporta l'insieme degli elementi costituenti l'Impianto di Utente:

- 23976 moduli fotovoltaici da 500Wp;
- 888 stringhe fotovoltaiche costituite da 27 moduli da 500Wp in serie;
- cavi elettrici di bassa tensione in corrente continua che dai quadri parallelo stringhe arrivano agli inverter;
- N° 39 inverter di stringa con potenza nominale 250 kW;
- cavi elettrici di bassa tensione che dagli inverter arrivano ai quadri elettrici BT installati all'interno delle cabine di trasformazione;
- N° 3 quadri elettrici generali di bassa tensione, ciascuno dotato di interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale (dispositivi di generatore), uno per ogni gruppo di conversione, e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per la protezione dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/MT;

- N° 5 trasformatori MT/BT da 2000 kVA;
- N° 2 cabine di trasformazione di tipo p67 (secondo i cataloghi CEP srl), di dimensioni 6.76x2.5x3 m (L x l x h) nelle quali saranno collocati i trasformatori BT/MT;
- N° 1 cabina di trasformazione di tipo p44 (secondo i cataloghi CEP srl), di dimensioni 6.76x2.5x3 m (L x l x h) nelle quali saranno collocati i trasformatori BT/MT;
- N° 2 locali di conversione di tipo container 40' High-cube, di dimensioni 12x3x3 m (L x l x h);
- N° 3 locale tecnico a servizio dell'impianto di tipo container 20' High-cube, di dimensioni 6x3x3 m (L x l x h);
- N° 1 linea elettrica di media tensione in cavo interrato ARE4H5EX 3x(1x240) mm² lunga complessivamente circa 2920 m

Questa parte di impianto appena descritta, è di pertinenza del Produttore e pertanto non è soggetta a tutti i vincoli e le prescrizioni imposte da e-Distribuzione sull'Impianto di Rete per la Connessione.

Di seguito viene fornita una descrizione generale e dei singoli componenti che lo costituiscono.

2. CARATTERISTICHE TECNICHE

2.1 Moduli fotovoltaici

Premettendo che i moduli verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di realizzazione, in questa fase della progettazione, ai fini del dimensionamento di massima del generatore fotovoltaico si è scelto di utilizzare moduli in silicio monocristallino da 500Wp di tipo bifacciali.

Le principali caratteristiche elettriche, misurate in condizioni standard STC (AM=1,5, E=1000 W/m² T=25 °C) sono riportate nella tabella seguente:

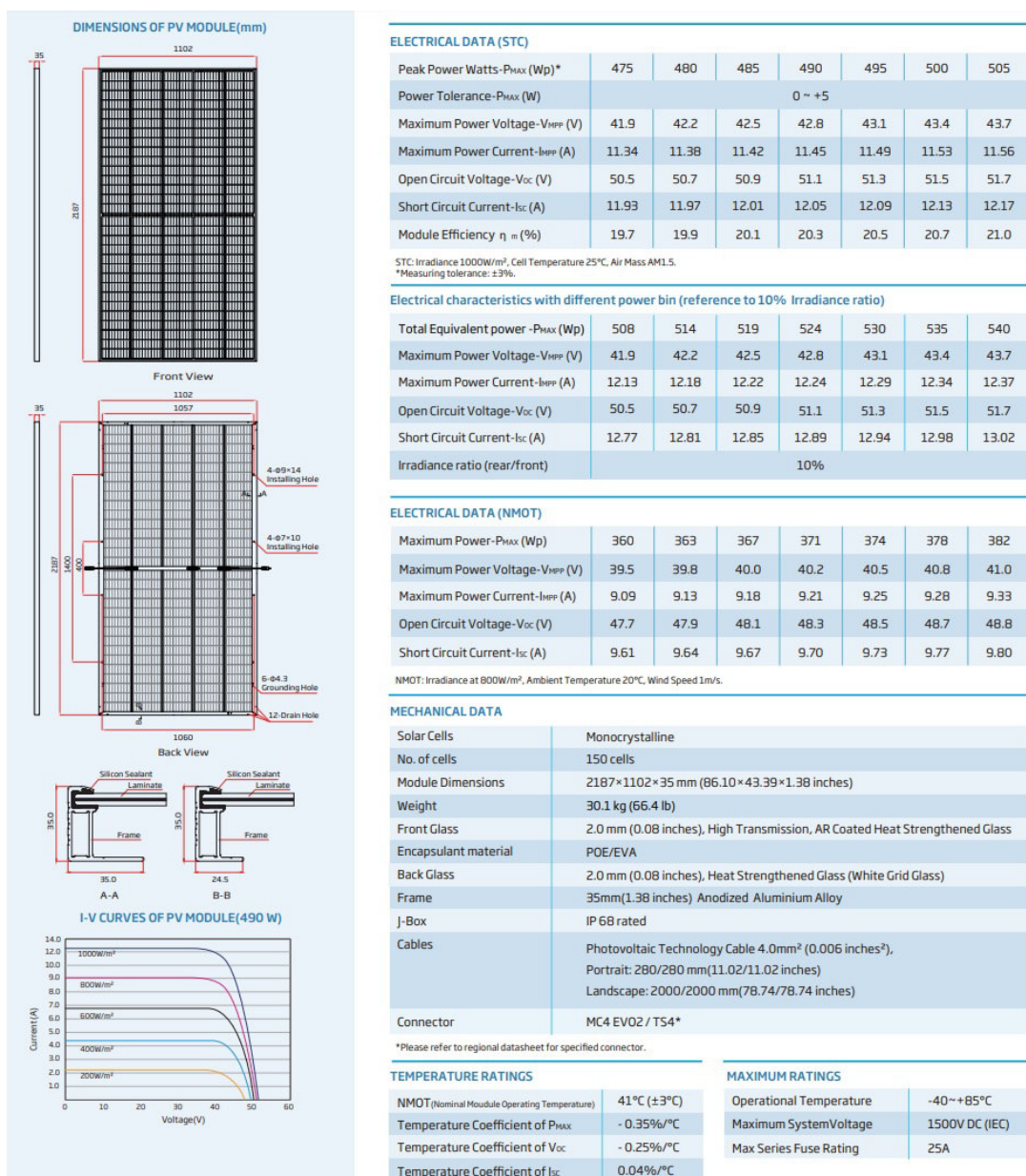


Figura 3: caratteristiche elettriche moduli fotovoltaici

2.2 Strutture di supporto

L'impianto progettato si avvale di inseguitori monoassiali di rollio ad asse orizzontale (la rotazione avviene attorno ad un asse parallelo al suolo, orientato NORD-SUD, con inseguimento EST-OVEST). Le strutture sono costituite da tubolari metallici in acciaio opportunamente dimensionati; si attestano orizzontalmente ad un'altezza di circa 2,40 m in fase di riposo, mentre in fase di esercizio raggiungono una quota massima di circa 4,20 metri di altezza massima rispetto alla quota del terreno.

Tale struttura a reticolo viene appoggiata a pilastri di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo. In fase esecutiva l'inseguitore potrà essere sostituito da altri analoghi modelli, anche di altri costruttori concorrenti (ad es. ZIMMERMANN ed altri) in relazione allo stato dell'arte della tecnologia al momento della realizzazione del Parco, con l'obiettivo di minimizzare l'impronta al suolo a parità di potenza installata.

Le strutture di sostegno dei moduli sono costituite da profili metallici in acciaio zincato a caldo opportunamente dimensionati, che vengono posizionati ad un'altezza di circa 1,5 m e posizionati orizzontalmente seguendo la giacitura del terreno. Tale struttura a reticolo viene appoggiata a pilastri di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo.

Si tratta di una struttura metallica costituita essenzialmente da:

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

Sinteticamente i vantaggi della struttura utilizzata si possono così riassumere:

- Logistica
 - Alto grado di prefabbricazione;

- Montaggio facile e veloce;
- Componenti del sistema perfettamente integrati.
- **Materiali**
 - Materiale interamente metallico (alluminio/inox) con notevole aspettativa di durata;
 - Materiali altamente riciclabili;
 - Aspetto leggero dovuto alla forma dei profili ottimizzata.
- **Costruzione**
 - Facilità di installazione di moduli laminati o con cornice;
 - Possibilità di regolazione per terreni accidentati;
 - Facile e vantaggiosa integrazione con un sistema parafulmine.
- **Calcoli statici**
 - Forza di impatto del vento calcolata sulla base delle più recenti e aggiornate conoscenze scientifiche e di innovazione tecnologiche;
 - Traverse rapportate alle forze di carico;
 - Ottimizzazione di collegamento fra i vari elementi.

Per l'elaborato specifico in cui sono riportate piante, prospetti e particolari della struttura si rimanda all'elaborato D18 – Particolari tracker monoassiali.



Figura 4: Rappresentazione della struttura di supporto



Figura5: Rappresentazione della struttura di supporto

2.3 Cavi BT

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

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

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

CARATTERISTICHE TECNICHE:

- Conduttore: rame elettrolitico, stagnato, classe 5 secondo IEC 60228
- Isolante: HEPR 120 °C
- Max. tensione di funzionamento 1,5 kV CC Tensione di prova 4kV, 50 Hz, 5 min.
- Intervallo di temperatura Da - 50°C a + 120°C
- Durata di vita attesa pari a 30 anni In condizioni di stress meccanico, esposizione a raggi UV, presenza di ozono, umidità, particolari temperature.

- Verifica del comportamento a lungo termine conforme alla Norma IEC 60216
- Resistenza alla corrosione
- Ampio intervallo di temperatura di utilizzo
- Resistenza ad abrasione
- Ottimo comportamento del cavo in caso di incendio: bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi
- Resistenza ad agenti chimici
- Facilità di assemblaggio
- Compatibilità ambientale e facilità di smaltimento.

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

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

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

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

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

2.4 Quadri parallelo stringhe

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.5 Locali Inverter

I tre locali di conversione atti ad alloggiare n° 39 inverter della serie scelta.

Saranno costituiti da container da 40' del tipo High-cube, di dimensioni di circa 12x3x3 m (L x l x h) e da container da 20' del tipo BOX, di dimensioni di circa 6x3x3 m (L x l x h):

40 feet High Cube Specification



40 ft High cube Container			
Dimensions	External	12.192 × 2.438 × 2.896	M
		40 × 8 × 9.5	FT
	Internal	12.031 × 2.348 × 2.695	M
Door Opening(W*H)		2.336 × 2.585	M
Inside Cubic Capacity		76	CBM
Maximum Gross Weight		30,480	KG
Tare Weight		3,990	KG
Maximum Payload		26,490	KG

20 feet GP Specification



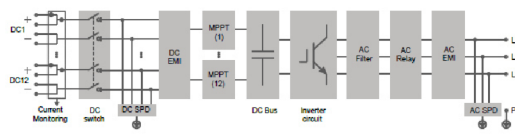
20 ft Container			
Dimensions	External	6.058 × 2.438 × 2.591	M
		20 × 8 × 8.5	FT
	Internal	5.898 × 2.350 × 2.390	M
Door Opening(W*H)		2.336 × 2.280	M
Inside Cubic Capacity		33	CBM
Maximum Gross Weight		30,480	KG
Tare Weight		2,200	KG
Maximum Payload		28,280	KG

Figura 6: locali di conversione dell'energia elettrica di tipo container

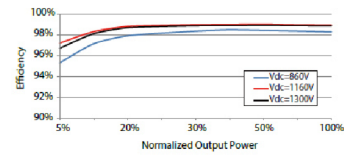
2.5.1 Inverter

In fase di progettazione definitiva, sono stati scelti inverter di stringa **SUNGROW SG250HX**, ad ognuno dei quali confluirà il relativo quadro di parallelo. Caratteristiche dell'inverter:

CIRCUIT DIAGRAM



EFFICIENCY CURVE



SG250HX

Type designation	SG250HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	600 V / 600 V
Nominal PV input voltage	1160 V
MPP voltage range	600 V – 1500 V
MPP voltage range for nominal power	860 V – 1300 V
No. of independent MPP inputs	12
Max. number of input connectors per MPPT	2
Max. PV input current	26 A * 12
Max. current for input connector	30 A
Max. DC short-circuit current	50 A * 12
Output (AC)	
AC output power	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @40 °C / 200 kVA @ 50 °C
Max. AC output current	180,5 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	680 – 880V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency	99,0 %
European efficiency	98,8 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch	Yes
AC switch	No
PV String current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
PID protection	Anti-PID or PID recovery
Oversvoltage protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1051 * 660 * 363 mm
Weight	95kg
Isolation method	Transformerless
Ingress protection rating	IP66
Night power consumption	< 2 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	Amphenol UTX (Max. 6 mm ²)
AC connection type	OT terminal (Max. 300 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, IEC 61000-6-3, EN 50549, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control

*: Only compatible with Sungrow logger and iSolarCloud

Figura 7: datasheet inverter scelti in fase di progettazione definitiva

I sistemi di conversione saranno installati in appositi armadi di contenimento all'interno del locale conversione, il quale dovrà essere adeguatamente areato per evacuare il calore sviluppato durante il loro funzionamento.

2.6 Dispositivi di generatore DDG

La configurazione impiantistica adottata prevede la presenza di n° 39 dispositivi di generatore la cui apertura, comandata da un apposito sistema di protezione, determina la separazione del gruppo di generazione dalla rete, consentendo all'impianto stesso l'eventuale funzionamento in isola sui carichi privilegiati.

2.7 Locali di trasformazione

All'interno dei locali di trasformazione, verranno installati i trasformatori elettrici.

Sono previsti n° 2 locali di tipo CEP P-67 004 e n° 1 locale di tipo CEP P44-002.

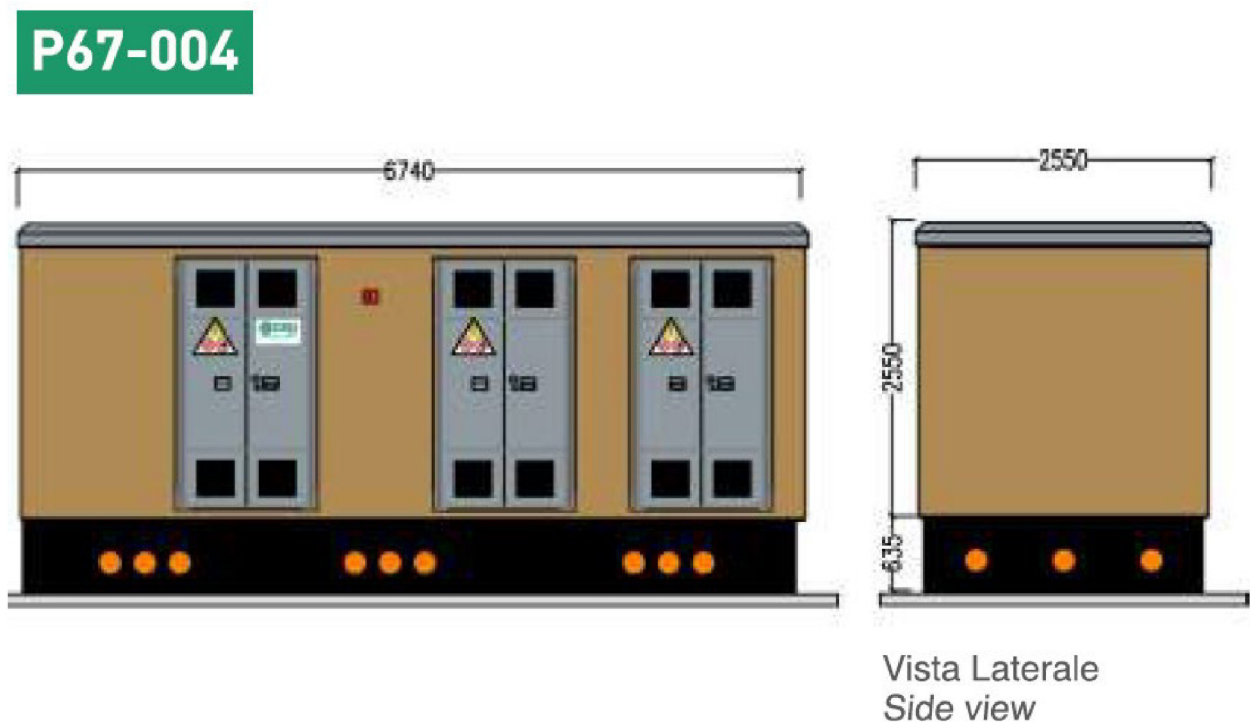


Figura 8: vista frontale cabina di trasformazione P67-004

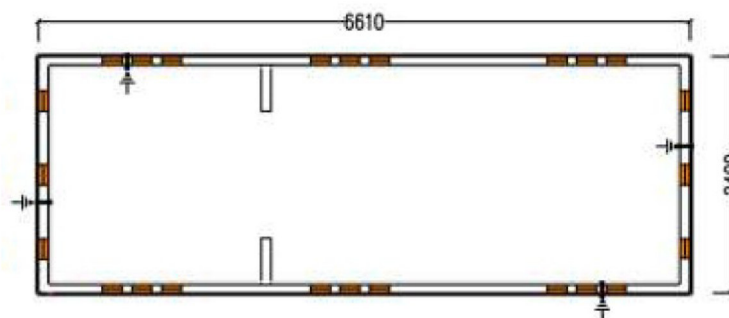
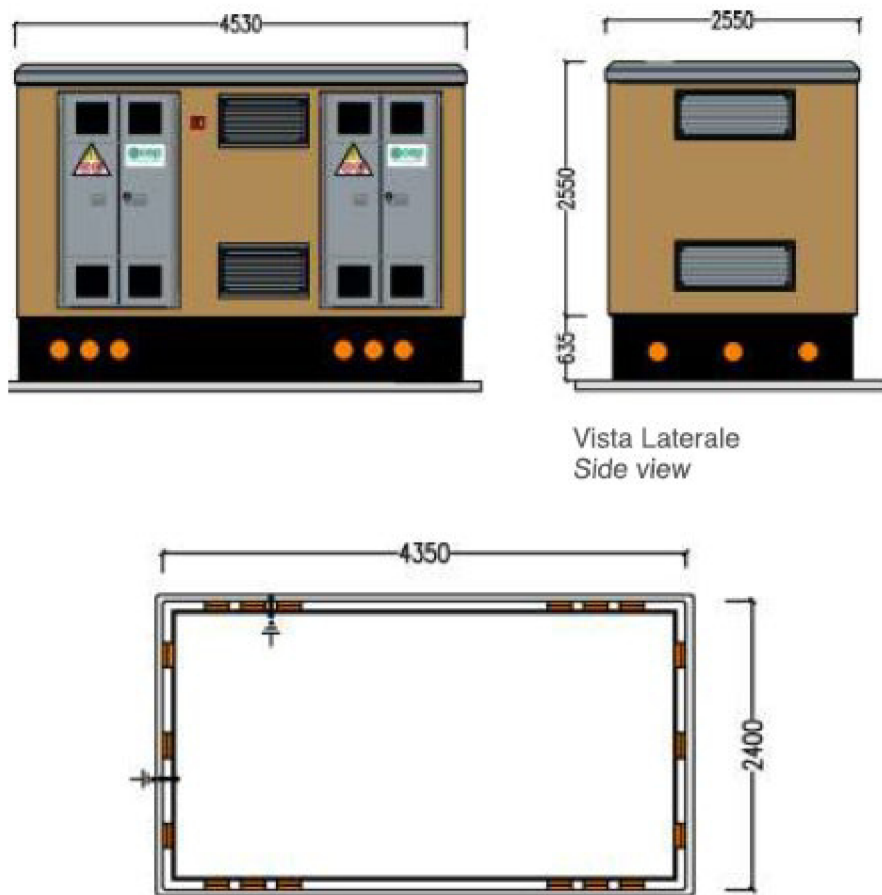


Figura 9: vista in pianta cabina di trasformazione P67-004

P44-002



Vista Laterale
Side view

Figura 10: vista laterale e in pianta della cabina di trasformazione P44-002

2.7.1 Trasformatori di potenza BT/MT

All'interno di ciascuna cabina di trasformazione sarà presente un trasformatore BT/MT necessario per elevare la tensione a 20 kV.

I trasformatori saranno adatti per l'installazione in impianti fotovoltaici e, come regola generale, saranno di tipo in resina con potenza nominale pari a 2000 kVA.

I principali dati di targa delle macchine scelte in fase di progettazione definitiva sono di seguito elencati:

- $A_n = 2000$ kVA;
- $V_{1n} = 800$ V;
- $V_{2n} = 20$ kV;
- Collegamento avvolgimento BT: Yn;

- Collegamento avvolgimento MT: D;
- Gruppo: 11;
- $V_{cc}\% = 6\%$;
- Isolamento in resina.

Per maggiori informazioni tecniche si rimanda ai datasheet allegati.

2.8 Linee elettriche MT

Per le ipotesi progettuali adottate, la linea elettrica di media tensione alimenta in entra-esce le n° 3 cabine elettriche di trasformazione previste.

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

- cavi posati direttamente nel terreno (posa diretta);
- profondità di posa di 1,2 m;
- resistività termica del terreno 1°C m/W ;
- numero di circuiti indipendenti presenti all'interno della stessa trincea di scavo pari a 2;

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

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

$$I_B = \frac{\sum_{i=1}^n A_{ni}}{\sqrt{3} \times V_n}$$

dove:

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

Sostituendo i valori si ottiene:

$$I_B = \frac{\sum_{i=1}^n A_{ni}}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{5 \times 2000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} \approx 290 \text{ A}$$

Sulla base della corrente di impiego e dei calcoli di verifica (affrontati nella relazione di dettaglio) la prima sezione commerciale utile è quella da 240 mm².

Le caratteristiche del cavo scelto sono di seguito riportate:

- $S = 3 \times (1 \times 240) \text{ mm}^2$;
- $I_{zo} = 410 \text{ A}$;
- $U_0/U = 12/20 \text{ kV}$;
- ARE4H5EX;

Per i calcoli di dimensionamento e di verifica dei cavi, si rimanda alla relazione tecnica “dimensionamento cavi e verifica della c.d.t.”.

2.9 Quadro elettrico generale di media tensione

All'interno del locale Utente è presente il quadro elettrico di media tensione, di tipo protetto, costituito dai seguenti scomparti:

- scomparto risalita cavi;
- scomparto interruttore generale, con funzioni di protezione generale;
- n.1 scomparto partenza linea MT con protezione di massima corrente e di interfaccia;
- scomparto servizi ausiliari.

È previsto infine un vano **servizi ausiliari**, all'interno del quale verrà installato un trasformatore MT/BT da 250kVA, con il relativo quadro di bassa tensione, per l'alimentazione dei seguenti servizi ausiliari di cabina:

- relè di protezione;
- servizi generali di cabina;

Il primario del trasformatore servizi ausiliari sarà protetto da un fusibile abbinato ad un interruttore di manovra sezionatore, mentre per la protezione delle linee di bassa tensione attraverso le quali vengono alimentati i servizi ausiliari, si utilizzeranno interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale, installati in un apposito quadro di bassa tensione denominato “quadro elettrico servizi ausiliari”.

2.10 Dispositivo generale utente (DG)

L'impianto di utenza sarà connesso alla rete elettrica di distribuzione di media tensione attraverso un dispositivo di sezionamento e interruzione, posto nello scomparto interruttore generale.

L'interruttore sarà dotato dei seguenti relè di protezione, prescritti dalla Norma CEI 0-16:

- 50/51;
- 50N/51N;
- 67N

2.11 Dispositivi di interfaccia (DDI)

L'interruttore installato nello scomparto partenza linea è di tipo tripolare con sganciatore di apertura a mancanza di tensione, e sarà dotato dei seguenti relè di protezione:

- 50/51;
- 50N/51N;
- 67N;
- 27;
- 59;
- 81<;
- 81>;
- 59N.

2.12 Quadro servizi ausiliari

È prevista l'installazione di un quadro elettrico di bassa tensione da cui verranno derivate le linee elettriche per l'alimentazione dei servizi ausiliari. Il quadro in oggetto, sarà equipaggiato con interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale a protezione delle singole derivazioni e un interruttore generale di tipo magnetotermico.

2.13 Gruppi di misura dell'energia

È prevista l'installazione di n° 5 gruppi di misura dell'energia elettrica prodotta, un gruppo di misura per contabilizzare l'energia assorbita dai servizi ausiliari e un gruppo di misura di tipo bidirezionale per misurare l'energia elettrica scambiata con la rete.

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

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

2.14.1 Valutazione delle prestazioni in energia

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

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

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

$$PR_e = E_{ca} / E_{ca_producibile}(H_i, P_n, T_{cel})$$

dove:

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

2.14.2 Valutazione delle prestazioni in potenza

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

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

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

$$PR_p = P_{ca} / P_{ca_producibile_}(G_p, P_n, T_{cel}) = P_{ca} / (R_{fv2} \times G_p / G_{stc} \times P_n) > 0,78 \text{ se } P_{inv} \leq 20 \text{ kW}$$

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

Dove:

- R_{fv2} è calcolato secondo l'espressione;
- P_{inv} è la potenza nominale dell'inverter.

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

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

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

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

3. SICUREZZA ELETTRICA

3.1 Protezione dalle sovracorrenti

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

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

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

dove:

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

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

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

3.2 Protezione contro i contatti diretti

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

3.3 Protezione contro i contatti indiretti

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