

COMMITTENTE



Direzione Lavori Pubblici - Manutenzioni

Ufficio Manutenzione Straordinaria e
Adeguamento Patrimonio Edilizio e Sportivo

DESCRIZIONE

FUTURAFinanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEUMinistero dell'Istruzione
e del Merito**LA SCUOLA
PER L'ITALIA DI DOMANI**Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

Missione 4: Istruzione e Ricerca - Componente 1: Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 1.1: "Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia". **"Realizzazione di un nuovo asilo nido a Campomaggiore - Terni"**,

Finanziato dall'Unione europea "NextGenerationUE".

CUP: F45E22000020006 - CIG 9722085657

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO 05IE - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO FOTOVOLTAICO

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROFESSIONISTI

ARCHITETTO MATTEO ROMANELLI (Mandatario)

Corso del Popolo 24, Terni

mail. matteoromanelli@duepuntiarchitetti.it

PROGETTO ARCHITETTONICO

Arch. Francesco Nicolai (Mandante)

Arch. Moira Buzzicotti (Mandante)

Ing. Emma Vagaggini (Mandante)

PROGETTO IMPIANTI

Ing. Valentina Adornato (Mandante)

PROGETTO STRUTTURE

Ing. Giorgio Capperio (Mandante)

COORDINAMENTO SICUREZZA PROGETTAZIONE

Geom. Andrea Bassetti (Mandante)

GEOLOGO

Dott. Geologo Stefano Liti (Mandante)



RUP

Geom. Stefano Fredduzzi

DATA

Aprile 2023

SCALA

REVISIONE

N	DATA	DESCRIZIONE	VERIFICATO	SCALA



1. Premessa

Le opere previste riguardano la costruzione di un nuovo impianto fotovoltaico a servizio dell'edificio scolastico di nuova realizzazione nell'ambito del PNRR Missione 4: Istruzione e Ricerca Componente 1: Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università Investimento 1.1: "Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia". "Realizzazione di un nuovo asilo nido a Campomaggiore - Terni" - Finanziato dall'Unione Europea "NextGenerationUE". CUP F45E22000020006 - CIG 9722085657.

La presente relazione tecnica fornisce tutte le indicazioni sulla consistenza e tipologia dell'impianto fotovoltaico, necessarie per la realizzazione.

Tutta la documentazione di progetto è stata realizzata in conformità alla guida CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici".

2. Definizioni

2.1 Rete elettrica

Distributore: Persona fisica o giuridica responsabile dello svolgimento di attività e procedure che determinano il funzionamento e la pianificazione della rete elettrica di distribuzione di cui è proprietaria.

Rete del distributore: Rete elettrica di distribuzione AT, MT e BT alla quale possono collegarsi gli utenti.

Rete BT del distributore: Rete a tensione nominale superiore a 50 V fino a 1.000 V compreso in c.a.

Rete MT del distributore: Rete a tensione nominale superiore a 1.000 V in c.a. fino a 30.000 V compreso.



Utente: Soggetto che utilizza la rete del distributore per cedere o acquistare energia elettrica.

Gestore di rete: Il Gestore di rete è la persona fisica o giuridica responsabile, anche non avendone la proprietà, della gestione della rete elettrica con obbligo di connessione di terzi a cui è connesso l'impianto (Deliberazione dell'AEEG n. 28/06).

Gestore Contraente: Il Gestore Contraente è l'impresa distributrice competente nell'ambito territoriale in cui è ubicato l'impianto fotovoltaico (Deliberazione dell'AEEG n. 28/06).

2.2 Impianto fotovoltaico

Angolo di inclinazione (o di Tilt): Angolo di inclinazione del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al piano orizzontale (da IEC/TS 61836).

Angolo di orientazione (o di azimuth): L'angolo di orientazione del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al meridiano corrispondente. In pratica, esso misura lo scostamento del piano rispetto all'orientazione verso SUD (per i siti nell'emisfero terrestre settentrionale) o verso NORD (per i siti nell'emisfero meridionale). Valori positivi dell'angolo di azimuth indicano un orientamento verso ovest e valori negativi indicano un orientamento verso est (CEI EN 61194).

BOS (Balance Of System o Resto del sistema): Insieme di tutti i componenti di un impianto fotovoltaico, esclusi i moduli fotovoltaici.

Generatore o Campo fotovoltaico: Insieme di tutte le schiere di moduli fotovoltaici in un sistema dato (CEI EN 61277).

Cella fotovoltaica: Dispositivo fotovoltaico fondamentale che genera elettricità quando viene esposto alla radiazione solare (CEI EN 60904-3). Si tratta sostanzialmente di un diodo con grande superficie di giunzione, che esposto alla radiazione



solare si comporta come un generatore di corrente, di valore proporzionale alla radiazione incidente su di esso.

Condizioni di Prova Standard (STC): Comprendono le seguenti condizioni di prova normalizzate (CEI EN 60904-3):

- Temperatura di cella: $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- Irraggiamento: 1000 W/m^2 , con distribuzione spettrale di riferimento (massa d'aria AM 1,5).

Dispositivo del generatore: Dispositivo installato a valle dei terminali di ciascun generatore dell'impianto di produzione (CEI 11-20).

Dispositivo di interfaccia: Dispositivo installato nel punto di collegamento della rete di utente in isola alla restante parte di rete del produttore, sul quale agiscono le protezioni d'interfaccia (CEI 11-20); esso separa l'impianto di produzione dalla rete di utente non in isola e quindi dalla rete del Distributore; esso comprende un organo di interruzione, sul quale agisce la protezione di interfaccia.

Dispositivo generale: Dispositivo installato all'origine della rete del produttore e cioè immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia elettrica dalla rete pubblica (CEI 11-20).

Effetto fotovoltaico: Fenomeno di conversione diretta della radiazione elettromagnetica (generalmente nel campo della luce visibile e, in particolare, della radiazione solare) in energia elettrica mediante formazione di coppie elettrone-lacuna all'interno di semiconduttori, le quali determinano la creazione di una differenza di potenziale e la conseguente circolazione di corrente se collegate ad un circuito esterno.

Efficienza nominale di un generatore fotovoltaico: Rapporto fra la potenza nominale del generatore e l'irraggiamento solare incidente sull'area totale dei moduli, in STC; detta efficienza può essere approssimativamente ottenuta mediante rapporto tra la



potenza nominale del generatore stesso (espressa in kWp) e la relativa superficie (espressa in m²), intesa come somma dell'area dei moduli.

Efficienza nominale di un modulo fotovoltaico: Rapporto fra la potenza nominale del modulo fotovoltaico e il prodotto dell'irraggiamento solare standard (1000 W/m²) per la superficie complessiva del modulo, inclusa la sua cornice.

Efficienza operativa media di un generatore fotovoltaico: Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.c. dal generatore fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.

Efficienza operativa media di un impianto fotovoltaico: Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.a. dall'impianto fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.

Energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico: L'energia elettrica (espressa in kWh) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.

Gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata (o Inverter): Apparecchiatura, tipicamente statica, impiegata per la conversione in corrente alternata della corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico.

Impianto (o Sistema) fotovoltaico: Impianto di produzione di energia elettrica, mediante l'effetto fotovoltaico; esso è composto dall'insieme di moduli fotovoltaici (Campo fotovoltaico) e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche e/o di immetterla nella rete del distributore.



Impianto (o Sistema) fotovoltaico collegato alla rete del distributore: Impianto fotovoltaico in grado di funzionare (ossia di fornire energia elettrica) quando è collegato alla rete del distributore.

Inseguitore della massima potenza (MPPT): Dispositivo di comando dell'inverter tale da far operare il generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza. Esso può essere realizzato anche con un convertitore statico separato dall'inverter, specie negli impianti non collegati ad un sistema in c.a.

Energia radiante: Energia emessa, trasportata o ricevuta in forma di onde elettromagnetiche.

Irradiazione: Rapporto tra l'energia radiante che incide su una superficie e l'area della medesima superficie.

Irraggiamento solare: Intensità della radiazione elettromagnetica solare incidente su una superficie di area unitaria. Tale intensità è pari all'integrale della potenza associata a ciascun valore di frequenza dello spettro solare (CEI EN 60904-3).

Modulo fotovoltaico: Il più piccolo insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante (CEI EN 60904-3).

Modulo fotovoltaico in c.a.: Modulo fotovoltaico con inverter integrato; la sua uscita è solo in corrente alternata: non è possibile l'accesso alla parte in continua (IEC 60364-7-712).

Pannello fotovoltaico: Gruppo di moduli fissati insieme, preassemblati e cablati, destinati a fungere da unità installabili (CEI EN 61277).

Perdite per mismatch (o per disaccoppiamento): Differenza fra la potenza totale dei dispositivi fotovoltaici connessi in serie o in parallelo e la somma delle potenze di



ciascun dispositivo, misurate separatamente nelle stesse condizioni. Deriva dalla differenza fra le caratteristiche tensione corrente dei singoli dispositivi e viene misurata in W o in percentuale rispetto alla somma delle potenze (da IEC/TS 61836).

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un generatore fotovoltaico:

Potenza elettrica (espressa in Wp), determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o massime o di picco o di targa) di ciascun modulo costituente il generatore fotovoltaico, misurate in Condizioni di Prova Standard (STC).

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un impianto fotovoltaico: Per prassi consolidata, coincide con la potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) del suo generatore fotovoltaico.

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un modulo fotovoltaico: Potenza elettrica (espressa in Wp) del modulo, misurata in Condizioni di Prova Standard (STC).

Potenza effettiva di un generatore fotovoltaico: Potenza di picco del generatore fotovoltaico (espressa in Wp), misurata ai morsetti in corrente continua dello stesso e riportata alle Condizioni di Prova Standard (STC) secondo definite procedure (CEI EN 61829).

Potenza prodotta da un impianto fotovoltaico: Potenza di un impianto fotovoltaico (espressa in kW) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.

Radiazione solare: Integrale dell'irraggiamento solare (espresso in kWh/m²), su un periodo di tempo specificato (CEI EN 60904-3).



Sezioni: "....l'impianto fotovoltaico può essere composto anche da sezioni di impianto a condizione che:

- a) all'impianto corrisponda un solo soggetto responsabile;
 - b) ciascuna sezione dell'impianto sia dotata di autonoma apparecchiatura per la misura dell'energia elettrica prodotta ai sensi delle disposizioni di cui alla deliberazione n. 88/07;
 - c) il soggetto responsabile consenta al soggetto attuatore l'acquisizione per via telematica delle misure rilevate dalle apparecchiature per la misura di cui alla precedente lettera b), qualora necessaria per gli adempimenti di propria competenza. Tale acquisizione può avvenire anche per il tramite dei gestori di rete sulla base delle disposizioni di cui all'articolo 6, comma 6.1, lettera b), della deliberazione n. 88/07;
 - d) a ciascuna sezione corrisponda una sola tipologia di integrazione architettonica di cui all'articolo 2, comma 1, lettere da b1) a b3) del decreto ministeriale 19 febbraio 2007, ovvero corrisponda la tipologia di intervento di cui all'articolo 6, comma 4, lettera c), del medesimo decreto ministeriale;
 - e) la data di entrata in esercizio di ciascuna sezione sia univocamente definibile....."
- (ARG-elt 161/08).

Soggetto responsabile: Il soggetto responsabile è la persona fisica o giuridica responsabile della realizzazione e dell'esercizio dell'impianto fotovoltaico.

Sottosistema fotovoltaico: Parte del sistema o impianto fotovoltaico; esso è costituito da un gruppo di conversione c.c./c.a. e da tutte le stringhe fotovoltaiche che fanno capo ad esso.

Stringa fotovoltaica: Insieme di moduli fotovoltaici collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione d'uscita desiderata.

Temperatura nominale di lavoro di una cella fotovoltaica (NOCT): Temperatura media di equilibrio di una cella solare all'interno di un modulo posto in particolari condizioni ambientali (irraggiamento: 800 W/m², temperatura ambiente: 20 °C, velocità



del vento: 1 m/s), elettricamente a circuito aperto ed installato su un telaio in modo tale che a mezzogiorno solare i raggi incidano normalmente sulla sua superficie esposta (CEI EN 60904-3).

Articolo 2, comma 2 (D. Lgs. n°79 del 16-03-99): Autoproduttore è la persona fisica o giuridica che produce energia elettrica e la utilizza in misura non inferiore al 70% annuo per uso proprio ovvero per uso delle società controllate, della società controllante e delle società controllate dalla medesima controllante, nonché per uso dei soci delle società cooperative di produzione e distribuzione dell'energia elettrica di cui all'articolo 4, numero 8, della legge 6 dicembre 1962, n. 1643, degli appartenenti ai consorzi o società consortili costituiti per la produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili e per gli usi di fornitura autorizzati nei siti industriali anteriormente alla data di entrata in vigore del decreto. Art. 9, comma 1 (D. Lgs. n°79 del 16-03-99) L'attività di distribuzione: Le imprese distributrici hanno l'obbligo di connettere alle proprie reti tutti i soggetti che ne facciano richiesta, senza compromettere la continuità del servizio e purché siano rispettate le regole tecniche nonché le deliberazioni emanate dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas in materia di tariffe, contributi ed oneri. Le imprese distributrici operanti alla data di entrata in vigore del presente decreto, ivi comprese, per la quota diversa dai propri soci, le società cooperative di produzione e distribuzione di cui all'articolo 4, numero 8, della legge 6 dicembre 1962, n. 1643, continuano a svolgere il servizio di distribuzione sulla base di concessioni rilasciate entro il 31 marzo 2001 dal Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato e aventi scadenza il 31 dicembre 2030. Con gli stessi provvedimenti sono individuati i responsabili della gestione, della manutenzione e, se necessario, dello sviluppo delle reti di distribuzione e dei relativi dispositivi di interconnessione, che devono mantenere il segreto sulle informazioni commerciali riservate; le concessioni prevedono, tra l'altro, misure di incremento dell'efficienza energetica degli usi finali di energia secondo obiettivi quantitativi determinati con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato di concerto con il Ministro dell'ambiente entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto.



Definizione di Edificio: "...un sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a se stanti". (D. Lgs. n. 192 del 19 agosto 2005, articolo 2).

Definizione di Ente locale: ai sensi del Testo Unico delle Leggi sull'ordinamento degli Enti Locali, si intendono per enti locali i Comuni, le Province, le Città metropolitane, le Comunità montane, le Comunità isolate e le Unioni di comuni. Le norme sugli Enti Locali si applicano, altresì, salvo diverse disposizioni, ai consorzi cui partecipano Enti Locali, con esclusione di quelli che gestiscono attività aventi rilevanza economica ed imprenditoriale e, ove previsto dallo statuto, dei consorzi per la gestione dei servizi sociali. La legge 99/09 ha esteso anche alle Regioni, a partire dal 15/08/09, tale disposizione.

3. Valenza dell'iniziativa

Con la realizzazione dell'impianto, denominato "Impianto FALDA SUD", si intende conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura servita, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole. Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- nessun inquinamento acustico;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

4. Attenzione per l'ambiente

Ad oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile. Quindi, considerando l'energia stimata come produzione del primo anno, 39'161,94

kWh, e la perdita di efficienza annuale, 0.90 %, le considerazioni successive valgono per il tempo di vita dell'impianto pari a 20 anni.

4.1 Risparmio sul combustibile

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Risparmio di combustibile in TEP	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	4.30
TEP risparmiate in 20 anni	78.99

4.2 Emissioni evitate in atmosfera

Inoltre, l'impianto fotovoltaico consente la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

Emissioni evitate in atmosfera	CO2	SO2	NOX	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	422.0	0.394	0.410	0.020
Emissioni evitate in un anno [kg]	9 699.03	9.06	9.42	0.46
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	178 257.55	166.43	173.19	8.45

5. Normativa di riferimento

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti, ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF;
- alle prescrizioni e indicazioni della Società Distributrice di energia elettrica;
- alle prescrizioni del gestore della rete;



- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

6. Sito di installazione

Il dimensionamento energetico dell'impianto fotovoltaico connesso alla rete del distributore è stato effettuato

tenendo conto, oltre che della disponibilità economica, di:

- disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico;
- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici e ambientali (ombreggiamento e albedo).

6.1 Disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico

La descrizione del sito in cui verrà installato l'impianto fotovoltaico è la seguente:

Impianto fotovoltaico realizzato in copertura su edificio scolastico. FALDA SUD-OVEST.

6.2 Disponibilità della fonte solare

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati "UNI 10349" relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

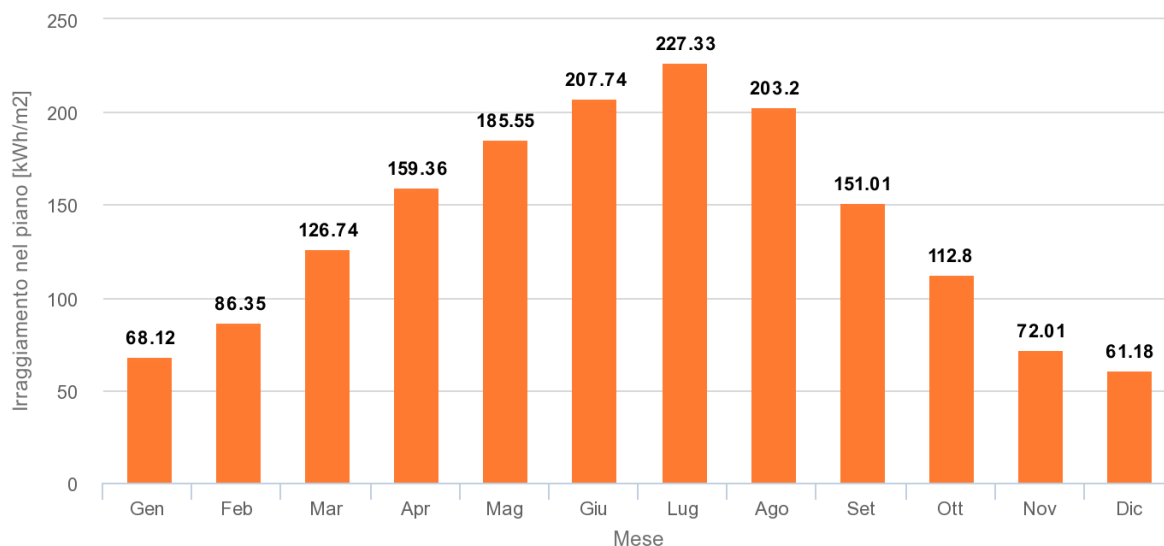
Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di TERNI (TR) avente latitudine 42°.589 N, longitudine 12°.607 E e altitudine di 130 m.s.l.m., i valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
5.70	8.10	12.50	15.30	19.90	21.80	24.00	20.70	16.20	10.80	6.60	4.70

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Irraggiamento mensile sul piano fisso

(C) PVGIS, 2023



Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a 5 071.10 MJ/m² (Fonte dati: UNI 10349).

7. Dimensionamento dell'impianto

7.1 Procedure di calcolo

Criterio generale di progetto

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud e evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati. Perdite d'energia dovute a tali fenomeni incidono sul costo del kWh prodotto e sul tempo di ritorno dell'investimento.

Dal punto di vista dell'inserimento architettonico, nel caso di applicazioni su coperture a falda, la scelta dell'orientazione e dell'inclinazione va effettuata tenendo conto che è generalmente opportuno mantenere il piano dei moduli parallelo o addirittura



complanare a quello della falda stessa. Ciò in modo da non alterare la sagoma dell'edificio e non aumentare l'azione del vento sui moduli stessi. In questo caso, è utile favorire la circolazione d'aria fra la parte posteriore dei moduli e la superficie dell'edificio, al fine di limitare le perdite per temperatura.

Criterio di stima dell'energia prodotta

L'energia generata dipende:

- dal sito di installazione (latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli);
- dall'esposizione dei moduli: angolo di inclinazione (Tilt) e angolo di orientazione (Azimut);
- da eventuali ombreggiamenti o insudiciamenti del generatore fotovoltaico;
- dalle caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatch;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore del BOS può essere stimato direttamente oppure come complemento all'unità del totale delle perdite, calcolate mediante la seguente formula:

$$\text{Totale perdite [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

per i seguenti valori:

- a Perdite per riflessione.
- b Perdite per ombreggiamento.
- c Perdite per mismatching.
- d Perdite per effetto della temperatura.
- e Perdite nei circuiti in continua.
- f Perdite negli inverter.
- g Perdite nei circuiti in alternata.

Criterio di verifica elettrica

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:



TENSIONI MPPT

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a 70 °C maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima ($V_{mppt\ min}$).

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a -10 °C minore o uguale alla Tensione MPPT massima ($V_{mppt\ max}$).

I valori di MPPT rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

TENSIONE MASSIMA

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

TENSIONE MASSIMA MODULO

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di sistema del modulo.

CORRENTE MASSIMA

Corrente massima (corto circuito) generata, I_{sc} , minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

DIMENSIONAMENTO

Dimensionamento compreso tra il 70 % e 120 %.

Per dimensionamento si intende il rapporto percentuale tra la potenza nominale dell'inverter e la potenza del generatore fotovoltaico ad esso collegato (nel caso di sottoimpianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sottoimpianto MPPT nel suo insieme).

7.2 Composizione impianto

L'impianto fotovoltaico sarà composto da n.64 moduli da 500W per una potenza totale di 32kWp distribuiti su n. 2 Inverter multi-ingresso da 16Kw.

7.3 Energia prodotta

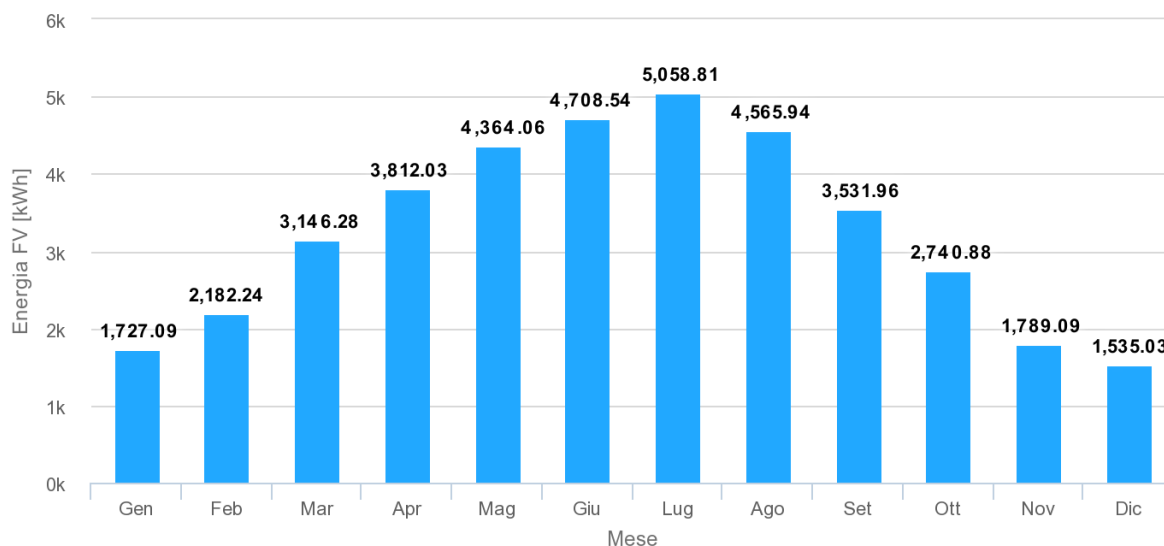
L'energia totale annua prodotta dall'impianto è **39'161,94 kWh**.

Nel grafico si riporta l'energia prodotta mensilmente:



Energia prodotta dal sistema FV fisso

(C) PVGIS, 2023



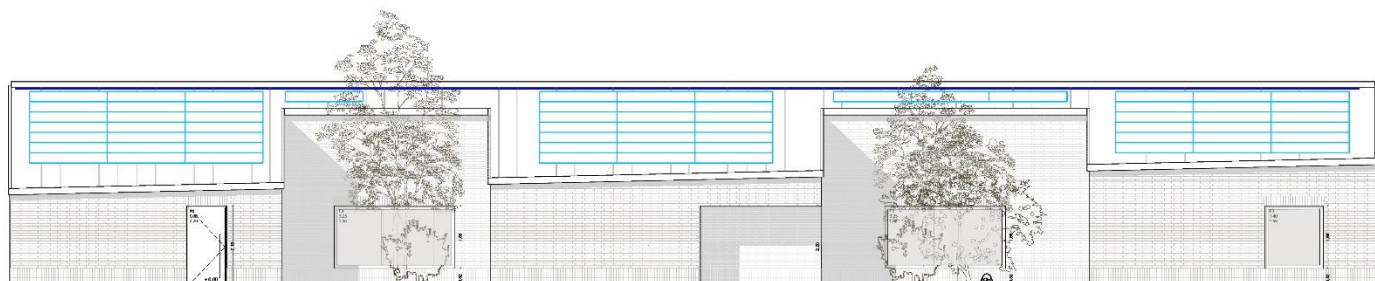
7.4 Verifiche elettriche

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$) e dei valori massimi di lavoro degli stessi ($70\text{ }^{\circ}\text{C}$) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (327.50 V) maggiore di Vmppt min. (200.00 V)	VERIFICATO
Vm a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (447.50 V) minore di Vmppt max. (800.00 V)	VERIFICATO
TENSIONE MASSIMA	
Voc a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (602.50 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1 000.00 V)	VERIFICATO
TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (602.50 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO
CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (14.70 A) inferiore alla corrente max. dell'inverter (18.60 A)	VERIFICATO



Il posizionamento dei moduli è mostrato nell'immagine seguente:





7.5 Configurazione impianto

Report di configurazione

Luogo	Temperature (°C)	Amb	Cell	Montaggio
CONTINENTE Europa	Minima	-7°C	-7°C	Montaggio a Tetto
NAZIONE Italia	Media	25°C	60°C	
CITTÀ Milano	Massima	31°C	66°C	

Modello di inverter SOLAR EDGE SE 16K	
Potenza AC nominale [kW]/ Tensione AC [V] 16000 / 400	
Configurazione dei canali Canali indipendenti (Num. MPPT ind.: 2)	
Numero moduli per inverter 32	
Potenza DC installata per inverter (STC) [kW] 16000	
Note Verificare che la taglia dei fusibili installati in serie ad ogni connettore di ingresso sia compatibile con la I _{sc,max} dei pannelli e non sia superiore al "max fuse rating" specificato dal costruttore del pannello	



Modulo fotovoltaico (marca / modello) Trina Solar / TSM-DE18M(II) 500	
Tecnologia	
Potenza nominale [W] 500	
Tensione a vuoto Voc [V] 51.7	
Corrente di corto circuito I _{sc} [A] 12.28	
Tensione MP V _{mp} [V] 42.8	
Corrente MP I _{mp} [A] 11.69	
Coefficiente temperatura Voc [V/°C] -0.134	
Coefficiente temperatura I _{sc} [mA/°C] 4.91	



	MPPT1	MPPT2
Numero moduli per stringa	16	16
Numero stringhe in parallelo	1	1
Numero moduli totale	16	16
Note	1, 2	1, 2
Potenza STC installata MPPT [kW]	8.00	8.00
Limite di potenza MPPT [kW]	10.00	10.00
PPV(INST)/P _{MPPTMAX}	80.0%	80.0%
PPV(INST)/P _{ACR}		106.7%
PPV(INST)/P _{ACMAX}		106.7%
Tensione Massima sistema moduli [Vdc]	1500	1500
Tensione massima ingresso inverter [Vdc]	1100	1100
Voc_Max: Tensione a vuoto stringa @-7°C [Vdc]	895.8	895.8
Voc_Min: Tensione a vuoto stringa @66°C [Vdc]	739.3	739.3
Tensione di attivazione Vstart (default) [Vdc]	360	360
Tensione di attivazione Vstart consigliata [Vdc]	Default (360)	Default (360)
Vmp_Max: Tensione mp stringa @-7°C [Vdc]	741.6	741.6
Vmp_Typ: Tensione mp stringa @60°C [Vdc]	622.6	622.6
Vmp_Min: Tensione mp stringa @66°C [Vdc]	612.0	612.0
Range per operazione MPPT* [Vdc]	252 - 1000	252 - 1000
Corrente CC generatore FV @66°C [Adc]	12.5	12.5
Corrente CC max inverter [Adc]	30.0	30.0
Corrente MPP generatore FV @66°C [Adc]	11.9	11.9
Corrente MPP max inverter [Adc]	22.0	22.0
Legenda note	*) range per operazione MPPT considerando il valore di tensione di attivazione consigliato; 1)- Numero di stringhe in parallelo compatibile con il numero di ingressi a bordo inverter.; 2)Modificare la taglia del fusibile: inserire fusibile con corrente nominale superiore a 1.4*I _{sc} . Il fusibile può avere, al massimo, una corrente nominale di 20A.	

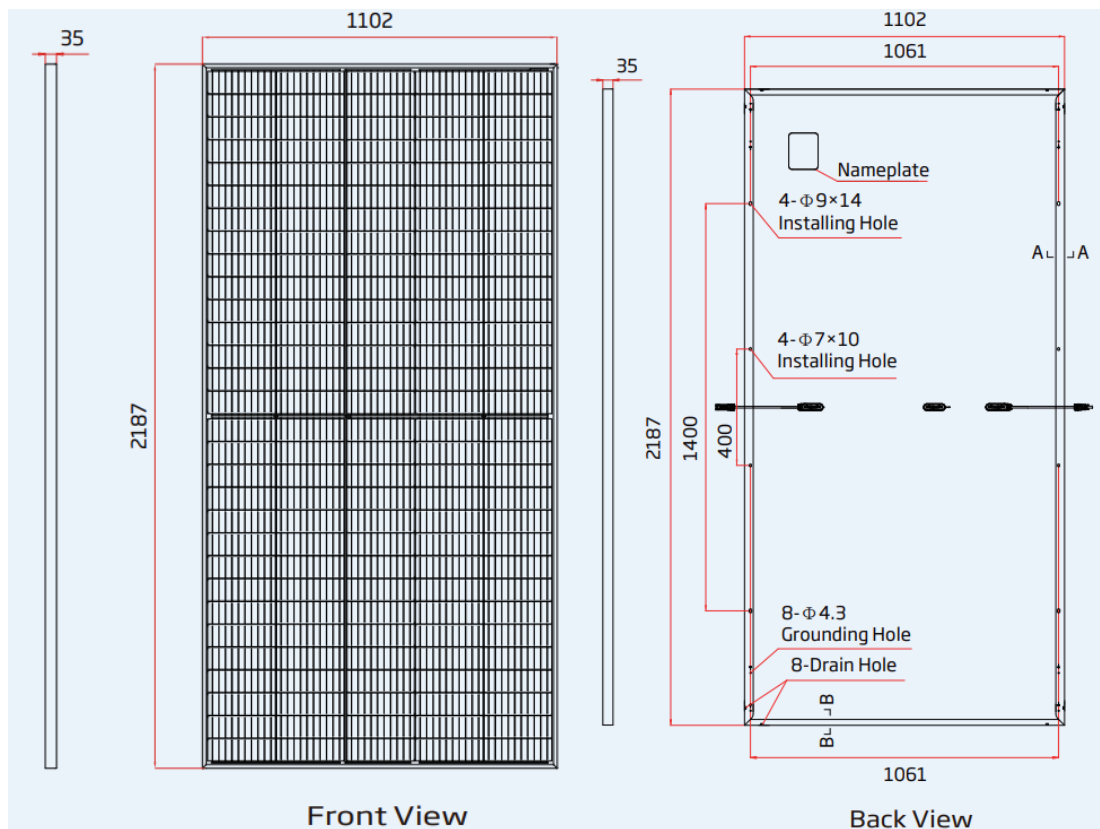


7.5.1 Moduli fotovoltaici

L'impianto fotovoltaico sarà costituito da n° 64 moduli fotovoltaici installati in copertura della falda, aventi le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche del Prodotto

Numero Modello	490W	495W	500W	505W	510W	515W
Garanzia						
Garanzia Prodotto	12 Anni					
Garanzia potenza	25 anni di 84,8% Potere Output					
Dati Elettrici in Condizioni Standard						
Potenza Massima(Pmax)	490 Wp	495 Wp	500 Wp	505 Wp	510 Wp	515 Wp
Tensione alla Massima Potenza (Vmpp)	42,4 V	42,6 V	42,8 V	43 V	43,2 V	43,4 V
Corrente alla massima potenza (Impp)	11,56 A	11,63 A	11,69 A	11,75 A	11,81 A	11,87 A
Tensione a Vuoto(Voc)	51,3 V	51,5 V	51,7 V	51,9 V	52,1 V	52,3 V
Corrente di corto circuito (Isc)	12,14 A	12,21 A	12,28 A	12,35 A	12,42 A	12,49 A
Efficienza del modulo	20,5 %	20,7 %	20,9 %	21,1 %	11,2 %	21,4 %
Tolleranza sulla Potenza (+)	+ 1 %	+ 1 %	+ 1 %	+ 1 %	+ 1 %	+ 1 %
	Condizioni di prova standard (STC): massa d'aria AM 1,5, irraggiamento 1000W/m2, temperatura della cella 25 ° C					
Dati elettrici con NOCT						
Potenza Massima(Pmax)	369 Wp	373 Wp	377 Wp	381 Wp	382 Wp	388 Wp
Tensione alla Massima Potenza (Vmpp)	40 V	40,2 V	40,4 V	40,6 V	40,5 V	40,7 V
Corrente alla massima potenza (Impp)	9,22 A	9,28 A	9,33 A	9,38 A	9,5 A	9,53 A
Tensione a Vuoto(Voc)	48,2 V	48,4 V	48,6 V	48,8 V	49 V	49,2 V
Corrente di corto circuito (Isc)	9,78 A	9,84 A	9,9 A	9,5 A	10,01 A	10,06 A
Temperatura	43±2 °C					
	Temperatura di esercizio nominale della cella (NOCT): 800W/m2, AM 1,5, velocità del vento 1m / s, temperatura ambiente 20 ° C					
Valutazioni Massime						
Tensione Massima di Sistema	1500 V					
Tensione Nominale del Fusibile	20 A					





7.5.2 Inverter

SE16K							
USCITA							
Potenza in uscita CA nominale			16000				VA
Potenza in uscita CA massima			16000				VA
Tensione in uscita CA - Fase - Fase / Fase - Neutro (nominale)	380 / 220 ; 400 / 230						Vca
Tensione in uscita CA - Range di tensione Fase - Neutro	184 - 264,5						Vca
Frequenza CA	50/60 ± 5						Hz
Corrente continua in uscita massima (per fase)			25,5				A
Reti supportate - trifase			3/N/PE	(Connessione a stella	con Neutro)		V
Monitoraggio dell'impianto, protezione anti islanding, fattore di potenza configurabile, soglie configurabili in base al paese	Sì						
INGRESSO							
Potenza CC massima (Modulo STC)			21600				W
Senza trasformatore, senza messa a terra	Sì						
Tensione massima in ingresso	900						Vcc
Tensione CC nominale in ingresso	750						Vcc
Corrente in ingresso massima			23				Acc
Protezione dalla polarità inversa	Sì						
Rilevamento dell'isolamento per guasto di terra	Sensibilità 700kΩ						
Efficienza massima dell'inverter	98						%
Efficienza ponderata europea			97,7				%
Consumo energetico notturno	< 25						W
FUNZIONI AGGIUNTIVE							
Interfacce di comunicazione sostenute(3)	RS485, Ethernet, Zigbee (opzionale), Wi-Fi (opzionale), GSM integrato (opzionale)						
Smart Energy Management	Limitazione dell'esportazione in rete, Gestione dell'Energia Domestica						
DISPOSITIVO DI SICUREZZA LATO CC (OPZIONALE)							
Sezionatore a 2 poli	Non disponibile						
Protezione da sovratensione lato CC	Non disponibile						
Fusibili lato CC (su polo positivo e negativo)	Non disponibile						
Conformità	Non disponibile						
CONFORMITÀ AGLI STANDARD							
Sicurezza	IEC-62103 (EN50178), IEC-62109, AS3100						
Standard per il collegamento alla rete(4)	VDE-AR-N-4105, G59/3, AS-4777,EN 50438 , CEI-021,VDE 0126-1-1, CEI-016(5), BDEW						
Emissioni	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3 , IEC61000-3-11, IEC61000-3-12						
RoHS	Sì						
SPECIFICHE PER L'INSTALLAZIONE							
Diametro pressacavo CA di uscita / Sezione del cavo	15-21mm / Cavo rigido 2.5-16 mm ² , Cavo flessibile (a treccia) 2.5-10 mm ²				2.5-16 mm ²		
Ingresso CC	2 coppie di connettori MC4						
Ingresso CC con dispositivo di sicurezza	Non disponibile						mm
Dimensioni (AxLxP)	540 x 315 x 260						mm
Dimensioni con dispositivo di sicurezza (AxLxP)	Non disponibile						mm
Peso	33,2						kg
Peso con dispositivo di sicurezza	Non disponibile						kg
Intervallo di temperatura operativo	-20 - +60(6) (Versione M40 -40 - +60)						°C
Raffreddamento	Forzato (ventola sostituibile dall'utente)						
Rumore	< 50						dBA
Classe di protezione	IP65 - Esterno e interno						
Montato su staffa (in dotazione)							

7.5.3 Dispositivo d'Interfaccia

Come richiesto dalla Norma CEI 0-21, edizione Aprile 2019 i quadri di interfaccia diventano obbligatori in tutti gli impianti di produzione di energia con una potenza d'impianto maggiore di 11,08kW o con numero di generatori superiore a tre. I quadri di interfaccia BT possono essere utilizzati in tutti gli impianti collegati in Bassa Tensione.

Relè di protezione di interfaccia



Il relè di protezione di interfaccia (SPI) è adibito al controllo della tensione e frequenza di rete, provvedendo al distacco della generazione diffusa (GD) dalla rete del distributore, qualora i parametri siano al di fuori delle soglie impostate, evitando rischi per le apparecchiature o per il personale. Assicura, inoltre, la flessibilità necessaria all'integrazione in rete dei piccoli e medi impianti.

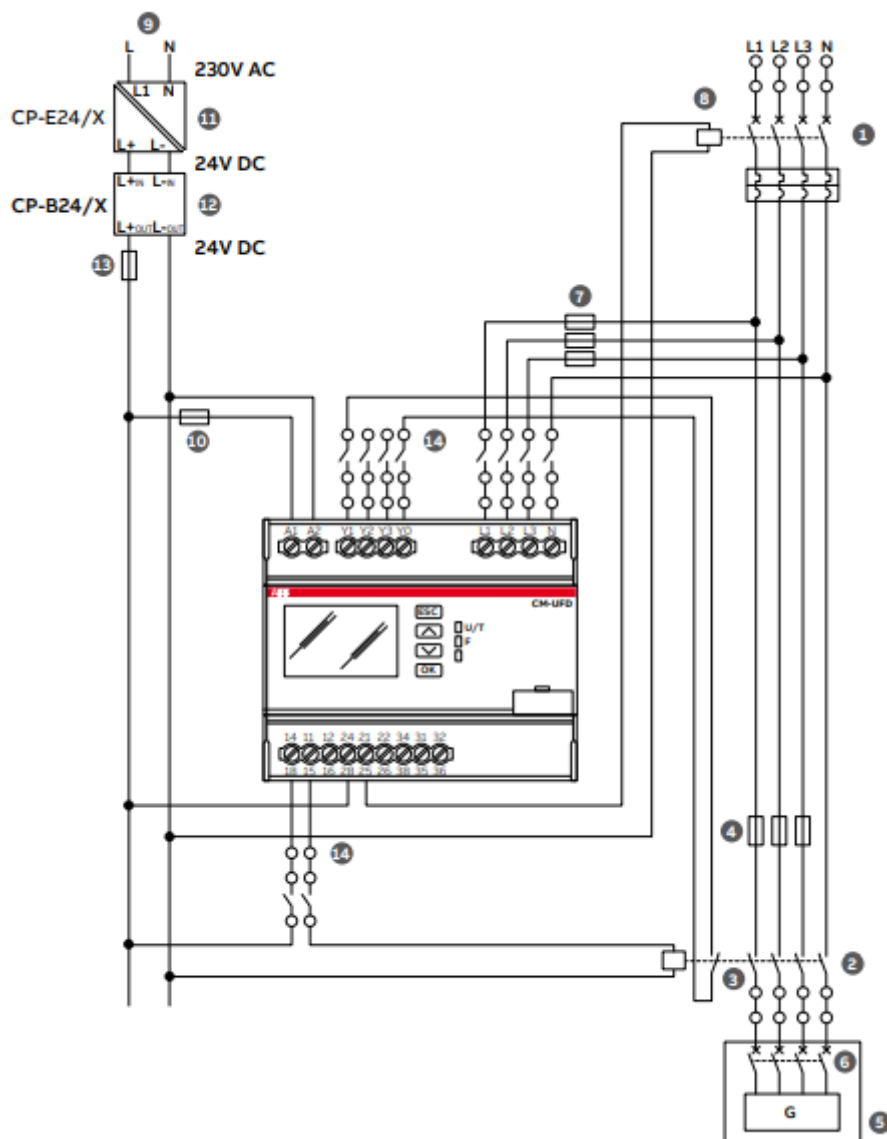
Caratteristiche relè protezione d'interfaccia:

- Protezione di massima/minima frequenza doppia soglia
- Protezione di minima tensione doppia soglia
- Protezione di massima tensione e massima tensione media
- Derivata di frequenza selezionabile
- Monitoraggio del conduttore di neutro
- Tensione nominale selezionabile e impostazione delle soglie con valori assoluti da 100/173 a 230/400 V c.a.
- Elevata precisione di misura con principio RMS vero



- Ingressi dedicati per teleseccato e per abilitazione soglie di frequenza
- Gestione integrata della funzione di rinalzo
- Funzionalità software per la gestione del feedback; disattivabile per $P < 20\text{kW}$, o attivabile solo in apertura per impianti privi di sistemi di conversione
- Relè di uscita aggiuntivo per la gestione della richiusura di interruttori motorizzati e/o per il comando di un secondo DDI
- Funzione di autotest con feedback attivo
- Memorizzazione non volatile degli ultimi 99 eventi (causa dell'errore e cronologia)
- Alimentazione ausiliaria ad ampio range 24 - 240 V CA/CC con tecnologia switching e buffer di 200 ms contro le micro interruzioni di tensione
- Comunicazione Modbus RTU Integrata, permette una completa gestione degli impianti.

Schemi di collegamento con relè di protezione interfaccia



1. Interruttore generale DG o DGL
2. DDI: contattore onnipolare in categoria AC-3 o interruttore automatico dotato di bobina di minima e di comando motore per il riarmo automatico
3. Contatto ausiliario del DDI necessario per realizzare la funzione di ricalzo*
4. Dispositivi di protezione del DDI contro il corto circuito



5. Generatore e/o sistema di conversione
6. Dispositivo di generatore (DDG)
7. Fusibile di protezione per gli ingressi di misura del CM-UFD.M22M (opzionale)
8. Bobina di sgancio necessaria per realizzare la funzione di rinalzo ($P > 20\text{kW}$). Tale bobina può comandare il DG/DGL o il DDG
9. Alimentazione ausiliaria per CM-UFD.M22M (SPI) e dispositivo di sgancio (DDI)**
10. Fusibile di protezione per il CM-UFD.M22M
11. Alimentatore switching (230 V c.a. / 24 V c.c.) per il buffer CP-B**
12. Buffer di carica CP-B ad ultra condensatori (24 V c.c. in/out)**
13. Fusibile di protezione degli ausiliari sull'uscita del buffer CP-B
14. Morsetti di misura necessari per facilitare il test periodico in campo

* Obbligatorio per impianti di potenza superiore ai 20 kW. Per potenze inferiori, qualora non disponibile, è possibile realizzare i test e/o mettere in funzione l'impianto seguendo le istruzioni: Entrare nel menu "Configurazione I/O" nel sotto menu "feedback dal DDI Y1" ; muovendosi con le frecce impostare: "DISATTIVATO". Una volta confermato premere ESC per uscire. ** In conformità alla Norma CEI 0-21 in assenza di alimentazione, è necessario assicurare la funzionalità del CM-UFD.M22M e la tenuta in chiusura del DDI e dell'eventuale dispositivo di comando per il rinalzo, almeno per i 5 secondi richiesti. Tale funzione deve essere realizzata mediante buffer di carica o UPS esterni.

Tabella di scelta dei componenti

Corrente massima AC-3 (potenza indicativa impianto) ***	Interruttore generale magnetotermico differenziale *	Relè di interfaccia CM-UFD	Contattore AF	Contatto Ausiliario	Alimentatore CP-E	Buffer CP-B
52 A (32 kW)	Serie S200 min 10 -15 kA	CM-UFD.M22M CMUFD.M22M	AF52-40-00-11 AF52400011	CE5-10W0.1 CE510W01	CP-E 24/2,5 ET 699 7	CP-B24/3.0 CPB243