



COMUNE DI MONREALE
Area Metropolitana di Palermo

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DELLA POTENZA NOMINALE DI 57.405 kWp POTENZA IMMISSIONE 53.961 kWp E DELLE OPERE CONNESSE DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI CAVIDOTTO E SOTTOSTAZIONE

COMUNE DI MONREALE (PA)- GALLITELLO



CALCOLO
PRODUCIBILITA' IMPIANTO

SCALA	FORMATO	CODICE ELABORATO	DATA DI PRIMA EMISSIONE: 28/03/2023	CODICE IDENTIFICATIVO TERNA 202101865	REDDATO REV 1
PROT.	FOGLIO	DATA DI SECONDA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO IPCH IPCM_MONREALE 3	DESCRIZIONE	ESEGUITO
FILE DWG RSREL.10	ID ELABORATO RS06REL0010A0	LIVELLO DI PROGETTAZIONE: DEFINITIVO		VERIFICATO	

I PROGETTISTI

 Ing. Giuseppe Lo Presti 	 Arch. Calogero Morreale 	 Agr. For. Paolo Di Bella 	
--	--	---	--

COMMITTENTE

SVILUPPATORE

IPC MACCHIAREDDU srl
Sede legale Via Aterno n. 108
San Giovanni Teatino (CH) CAP 66020
CF/P.IVA: 02714110695
Legale rappresentante
Ing. Gianluca Spadini

Sommarario

1. Generalità	3
2. Premessa	4
3. Localizzazione	4
4. Definizioni:	6
5. Componenti Principali	7
5.1 Cella fotovoltaica.....	8
5.2 Modulo fotovoltaico.....	8
5.3 La stringa	10
5.4 Il pannello.....	10
5.5 Le strutture.....	10
5.6 Inverter	10
5.7 Unità di Potenza (UP).....	11
5.8 Campo fotovoltaico.....	12
6. Producibilità	13
6.1 Dimensionamento	13
6.1 Producibilità.....	14
7. Rete Elettrica	18
7.1 Flow chart Rete Elettrica.....	18
7.2 Stazione AT.....	20
8. APPENDICE	21
8.1 Dati Tecnici del modulo fotovoltaico	21
8.1 Dati Tecnici dell'Inverter 215 KVA.....	22
8.1 Dati Tecnici dell'Unità di Potenza (UP) 3.250 kVA.....	23
8.2 Schema unifilare della UP	24
8.3 Definizioni	25
8.4 Verifica compatibilità.....	34
8.5 Struttura Pannelli.....	36

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

1. Generalità

La presente relazione descrive in termini generali le metodologie e le tecnologie utilizzate per la progettazione di un sistema fotovoltaico connesso in rete "Grid-connected". Tale impianto è in grado di captare e trasformare l'energia solare in energia elettrica, consentendo di alimentare ininterrottamente un carico senza adoperare un sistema di accumulo, dal momento che l'energia in più prodotta viene ceduta alla rete pubblica. La peculiarità di tale sistema è, infatti, quella di convogliare tutto il flusso energetico in direzione della rete, dalla quale, viene prelevata e consumata soltanto quella parte utilizzabile per autoconsumo.

Oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile.

I sistemi fotovoltaici presentano oggi enormi potenzialità estetiche e tecnologiche, inoltre fra i numerosi aspetti derivanti dall'impiego di sistemi fotovoltaici si possono riassumere i seguenti punti:

- riduzione dell'inquinamento atmosferico: ogni kW di fotovoltaico installato fa risparmiare, nell'arco della sua vita, pari a circa 30 anni, quasi 10 tonnellate di combustibili fossili (0.75 kg circa di CO₂ per ogni kWh prodotto da fonte fotovoltaica);
- i moduli fotovoltaici soddisfano i requisiti di un buon materiale offrendo resistenza, impermeabilità e, assenza dei livelli acustici,
- elevata durata di vita in quanto le prestazioni degradano di poco dopo 20 anni di attività;
- ridotte esigenze di manutenzione (pulizia accessibilità esterna ai moduli);
- prevedibile sviluppo tecnologico e produttivo (aumento del rendimento di conversione e riduzione dei costi);
- Nessun inquinamento acustico.

In termini più generali, l'iniziativa si inquadra nel piano di realizzazione di impianti per la produzione d'energia fotovoltaica con la finalità di contribuire, per quanto nelle proprie possibilità, al soddisfacimento delle esigenze di energia pulita e sviluppo sostenibile sancite – primo dei quali - dal Protocollo di Kyoto del 1997 con i conseguenti obblighi di riduzione dei gas ad effetto serra che i Paesi firmatari si sono impegnati a perseguire.

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

2. Premessa

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico del tipo a struttura fissa per la produzione di energia elettrica, sito nei Comuni Alia e Castronovo.

L'impianto di produzione avrà la potenza nominale **57.405,60 kWp**, pari alla somma delle potenze elettrica di picco nominali dei singoli moduli fotovoltaici installati, di cui 53.961 kW saranno immessi direttamente in rete (RTN) per la pubblica utilità.

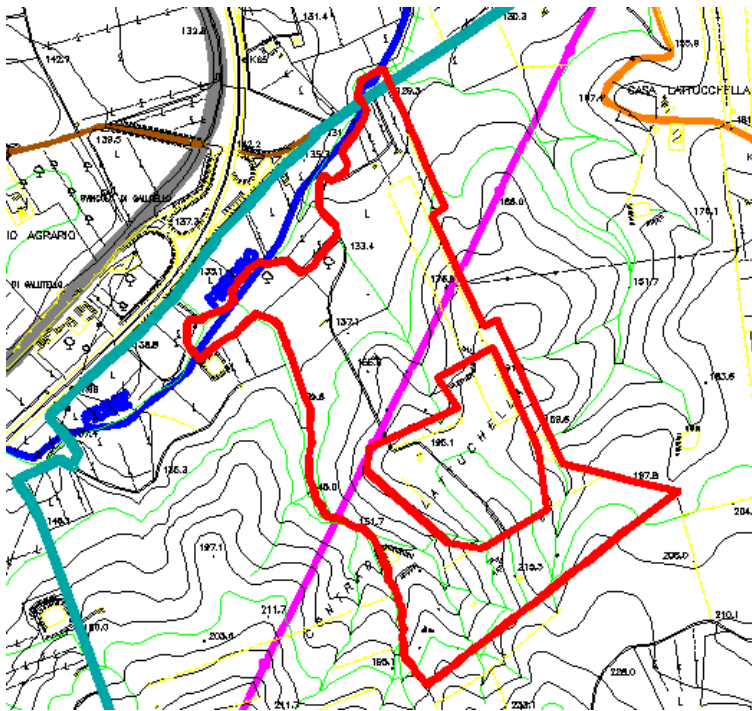
La realizzazione dell'opera è inserita in un programma di pianificazione per l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali, solari e agricole, rispettando gli indicatori sociali, ambientali e territoriali, in particolare la tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana.

Il sito, ove è prevista la realizzazione dell'impianto agrivoltaico, è relativo ad un'area attualmente utilizzata ai fini agricoli avente estensione di circa 107 *ha*.

3. Localizzazione

Il sito individuato per la progettazione degli impianti ricade nel territorio del Comune di Monreale (PA) in località Gallitello per una estensione totale lorda di 84,5 *ha*. L'area di studio si trova ad un'altitudine tra i 175 e i 225 mt s.l.m. -presenta una pendenza variegata, che ha consentito di inclinare i moduli verso sud, al fine di ottenere una esposizione ottimale per lo sfruttamento dell'irraggiamento solare.

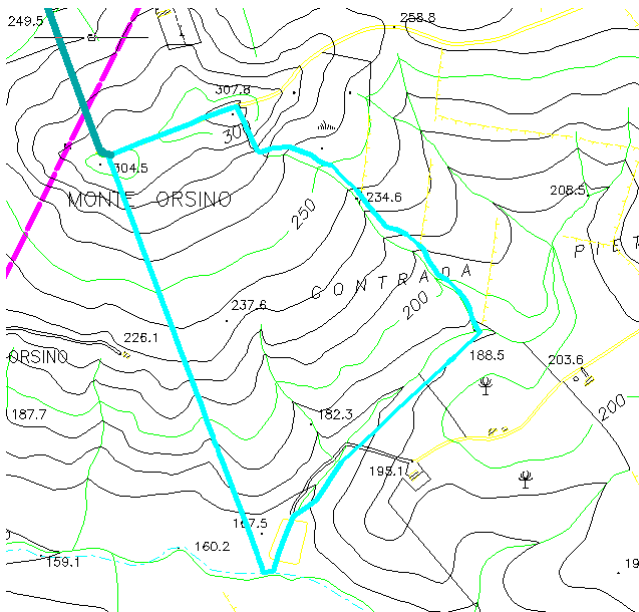
L'impianto è distribuito su 2 aree di forma irregolare, le cui coordinate sono quelle indicate nelle seguenti immagini



Area 1 WGS84 - Lat. 37.853611°N Long. 12.956708°E

Area 1 GaussBoaga X=2340370.2230 Y=4191786.8724

UTM 33S: 320238.899E 4191540.473N



Area 2 WGS84 Lat. 37.841168°N Long. 12.955635°E

Area 2 GaussBoaga X=2340081.2051 Y=4190170.797214°E

UTM 33S: 320114.249E 4190161.780N

4. Definizioni:

Sistema fotovoltaico è composto da un insieme di componenti elettrici, elettronici e meccanici in grado di captare e trasformare l'energia solare in energia elettrica. La configurazione elettrica, si inquadra in un sistema fotovoltaico classificato come impianto connesso in rete (grid-connected).

Grid connected: tipologia di impianto che prevede l'allacciamento alla rete elettrica nazionale.

Potenza nominale : (o massima, o di picco, o di targa) dell'impianto fotovoltaico è la potenza determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o massime, o di picco o di targa) di ciascun modulo fotovoltaico facente parte del medesimo impianto;

Punto di connessione: è il punto della rete elettrica, di competenza del gestore di rete, (TERNA) nel quale l'impianto fotovoltaico viene collegato alla rete elettrica.

Sistema di conversione dell'energia: complesso delle apparecchiature destinate alla trasformazione dell'energia fornita dalla fonte utile in energia elettrica consegnata alla rete. Si distinguono in:

- sistemi di conversione idonei a sostenere la tensione e la frequenza entro il campo nominale in assenza di alimentazione della rete pubblica stessa (generatori sincroni, asincroni autoeccitati, convertitori statici a commutazione forzata);
- sistemi di conversione non idonei a sostenere la tensione e la frequenza entro il campo nominale (generatori asincroni non autoeccitati e convertitori statici a commutazione naturale). **Campo** (o generatore) fotovoltaico: l'insieme dei moduli fotovoltaici, opportunamente collegati in serie/parallelo;

Convertitori c.c./c.a. apparecchiature statiche o macchine rotanti usualmente impiegate per convertire e trasferire l'energia in c.c. sulla rete in c.a. Le apparecchiature statiche possono essere convertitori a commutazione forzata idonee al funzionamento in isola anche su rete passiva, oppure convertitori a commutazione naturale. Se reversibili, i convertitori c.c./c.a. consentono il trasferimento di potenza dalla corrente continua alla corrente alternata e viceversa. Comprendono all'interno il dispositivo di inseguimento del punto di massima potenza (MPPT) che permette di ottenere dal campo ad esso collegato la quantità massima di energia utilizzabile, letteralmente adattandosi e inseguendo il punto di massima potenza.

Dispositivo della rete pubblica: dispositivo installato all'origine della linea della rete pubblica.

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6RELO010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

Dispositivo di sezionamento: dispositivo installato a monte del punto di consegna dell'impianto del cliente produttore.

Dispositivo generale è installato all'origine della rete del produttore e cioè immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia elettrica a TERNA. Il dispositivo, in condizioni di "aperto", esclude l'intera rete del cliente produttore dalla rete pubblica.

Dispositivi di interfaccia: sono installati nel punto di collegamento della rete in isola alla restante parte della rete del cliente produttore sul quale agiscono le protezioni d'interfaccia. L'apertura del dispositivo d'interfaccia assicura la separazione di tutti i gruppi di produzione dalla rete pubblica quando necessario.

Dispositivi dei generatori sono installati a valle dei terminali di ciascun sottocampo dotato del proprio sistema di conversione Il dispositivo del generatore è tale da escludere il sotto campo fotovoltaico in condizioni di "aperto".

Efficienza nominale di un campo fotovoltaico: è il rapporto fra la potenza specifica generata dal campo stesso e la potenza specifica della radiazione solare su esso incidente, in condizioni standard; può essere numericamente ottenuta da una formula pratica, cioè dal rapporto tra la potenza nominale del campo stesso (espressa in kW) e la relativa superficie (espressa in m²) e intesa come somma della superficie dei moduli. Efficienza operativa media di un campo fotovoltaico: è il rapporto tra l'energia elettrica prodotta dal campo fotovoltaico e l'energia solare incidente sul campo stesso, in un determinato intervallo di tempo.

Cella fotovoltaica è il dispositivo elementare alla base di ogni sistema fotovoltaico, ed è qui che avviene la conversione della radiazione solare in energia elettrica.

Modulo fotovoltaico dispositivo costituito da celle fotovoltaiche, in grado di convertire l'energia solare in energia elettrica.

Pannello fotovoltaico dispositivo optoelettronico, composto da moduli fotovoltaici.

5. Componenti Principali

L'impianto fotovoltaico + costituito da 2 componenti principali: il Generatore Fotovoltaico e Il Sistema di conversione.

Il Generatore Fotovoltaico è formato dalle stringhe raccolte in parallelo all'interno dell'inverter.

Ciascuna stringa è la serie dei moduli, il cui modulo rappresenta il componente elementare.

La stringa è posizionata su una struttura è rappresenta il pannello fotovoltaico.

Le strutture sono del tipo fisso ancorate per infissione nel terreno.

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

La somma delle potenze delle stringhe, e quindi la somma delle potenze di ogni singolo modulo Definisce la potenza nominale o di picco dell'impianto.

5.1 Cella fotovoltaica

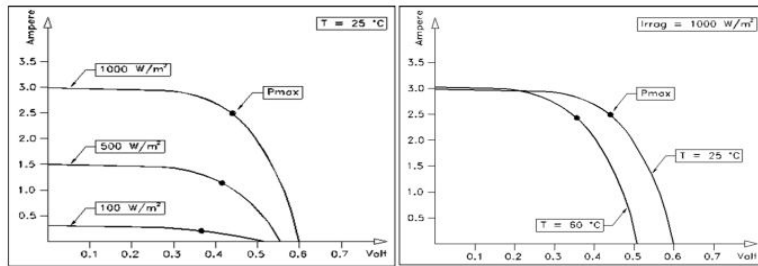
La cella fotovoltaica è il dispositivo elementare alla base di ogni sistema fotovoltaico, ed è qui che avviene la conversione della radiazione solare in energia elettrica. La cella è costituita da un sottile strato di materiale semiconduttore compreso tra 0,2 e 0,35 mm, generalmente silicio opportunamente drogata.

5.2 Modulo fotovoltaico

Non tutta la radiazione solare incidente però contribuisce all'effetto fotovoltaico, solo i fotoni dotati di sufficiente energia sono quelli che contribuiscono alla inzializzazione della conversione fotovoltaica. La percentuale di energia captata e trasformata rispetto a quella totale giunta sulla superficie del modulo determina il rendimento della cella. Le celle vengono raccolte collegate in serie in una struttura modulare; appunto i **moduli** normalmente installati.

Varie sono le tecnologie utilizzate. Il progetto in esame utilizza moduli (Trina solar) con 132 celle assiemati in tecnologia Tiling Ribbon consistente nella eliminazione dello spazio tra celle, eliminando anche lo spazio con la sbarra collettrice. Ciò riduce le perdite di resistenza e aumenta la potenza e l'efficienza (oltre il 2%). Le potenze, dei moduli che saranno installati nel progetto sono del tipo bifacciale del valore di 670 Wp, per effetto del bifacciale possono incrementare le potenze del 10 % (717 Wp). Le prestazioni dei moduli fotovoltaici, durante il funzionamento, sono suscettibili di variazioni anche sostanziose in base: al rendimento dei materiali, all'irraggiamento a cui le sue celle sono esposte, all'angolazione con cui questa giunge rispetto alla sua superficie, alla temperatura di esercizio dei materiali, che tendono ad "affaticarsi" in ambienti caldi.

Le prestazioni della cella dipendono da due fattori: la temperatura e l'irraggiamento; quest'ultimo rappresenta l'energia luminosa nell'unità di tempo, per ogni metro quadrato di superficie, e si rappresenta in W/m².



Prima figura :Andamento tipico di una cella fotovoltaica al variare dell'intensità di illuminazione e a temperatura costante
Seconda figura: Caratteristiche I-V per differenti condizioni di irraggiamento e temperatura costante

Come si evince dal grafico, significativamente, la corrente varia al variare dell'irraggiamento, mentre la tensione varia al variare della temperatura della cella.

La potenza massima erogabile in condizioni di illuminazione e temperatura specificate viene misurata in watt di picco (Wp). Si è convenuto internazionalmente di stabilire come condizioni di riferimento una temperatura della giunzione di 25°C e un irraggiamento di 1000 W/m².

L'efficienza di una cella fotovoltaica risulta dal rapporto tra la potenza massima da essa erogata (Pmax) e l'irraggiamento incidente sulla sua superficie. Il modulo fotovoltaico è il componente base dei sistemi fotovoltaici ed è ottenuto dalla connessione elettrica di celle fotovoltaiche (120 nel nostro caso) connesse in serie e assemblate fra uno strato superiore di vetro ed uno strato inferiore di materiale plastico (Tedlar). Gli elementi che stanno alla base del modulo fotovoltaico sono, dunque, le celle ed il vetro. La struttura robusta e maneggevole conferisce alle singole celle maggiore resistenza alle condizioni ambientali avverse.

Il processo di fabbricazione dei moduli è suddiviso sostanzialmente in tre fasi:

- *Connessione elettrica;*
- *Incapsulamento;*
- *Montaggio della cornice e della scatola di giunzione.*

La connessione elettrica avviene assemblando le celle aventi caratteristiche elettriche simili tra loro in modo da ridurre le perdite per disaccoppiamento. Successivamente, mediante laminazione a caldo di materiale polimerico, le celle vengono incapsulate tra una lastra di vetro ed una di plastica, garantendo così la tenuta ai raggi ultravioletti e alla temperatura. L'incapsulamento è un processo molto importante e decide la durata di vita del modulo. Il montaggio della cornice conferisce al modulo maggiore robustezza e ne consente l'ancoraggio alle strutture di sostegno.

Di questo se ne dovrà tenere conto nelle attività di manutenzione.

Il modulo fotovoltaico è caratterizzato dalla tensione verso massa, massima ammessa (1.500 V);

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

5.3 La stringa

Per quanto detto la potenza della stringa è la somma di ogni singolo modulo tutti della stessa classe di corrente al fine di minimizzare le perdite per mismatch.

Il numero di moduli da collegare in serie per formare una stringa dipende dalla tensione del modulo e da quella dell'intera stringa che viene scelta in base alle seguenti considerazioni.

Tensione massima pari alla somma delle Voc dei moduli collegati, che corrisponde alla tensione a cui si porta la stringa quando è scollegata dal carico;

Tensione di funzionamento relativa al valore di massimo funzionamento.

Parametri che influenzano la tensione sono l'irraggiamento (in modo logaritmico) (e la temperatura (in modo inverso).

La corrente nel circuito stringa assume il valore della corrente generata dal singolo modulo.

il numero di 28 moduli collegati in serie, avverrà tramite cavi terminati con connettori convenzionali all'interno delle cassette di terminazione dei moduli fotovoltaici.

5.4 Il pannello

Il pannello è costituito dall'insieme di più moduli, collegati in serie su una struttura rigida in acciaio zincato assemblate e collegate tra di loro. Nel progetto ogni pannello è formato da 2 file di 15 moduli, connessi elettricamente in serie e costituiscono una stringa. Le stringhe saranno collegate successivamente agli ingressi degli inverter.

5.5 Le strutture

La carpenteria delle strutture di sostegno sarà costituita da barre in acciaio zincato a caldo intelaiate con geometria rettangolare, infisse nel terreno con 4 piedritti.

5.6 Inverter

L'inverter, le cui caratteristiche sono riportate in appendice, è stato scelto in funzione della finestra delle tensioni ammesse.

L'inverter o convertitore statico è il dispositivo elettrico in grado di convertire l'energia continua prodotta dal modulo fotovoltaico, in corrente alternata per consentire di immetterla nella rete di RTN. In esso è presente la funzione MPPT (inseguimento del punto di massima potenza), che permette il raggiungimento istante per istante, del massimo rendimento adattando i parametri in uscita dal generatore fotovoltaico alle esigenze di carico.

L'inverter, nel suo funzionamento consente di fornire valori di tensione e corrente variabili in funzione dell'irraggiamento e della temperatura, mantenendo un valore pressoché costante della tensione di parallelo di rete.

Il gruppo di conversione possiede:

- Adeguate protezioni per la sconnessione dalla rete in caso di valori fuori soglia della tensione, frequenza e sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni del gestore della rete (Codice di Rete) e a quelle specifiche della rete locale.
- Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico;
- Protezioni contro le sovratensioni di origine atmosferica.

In Appendice vengono riportati i dati relativi ad ogni inverter che sarà installato

In questo progetto sono previsti 230 inverter distribuiti sulle 3 aree e sui 15 campi fotovoltaici.

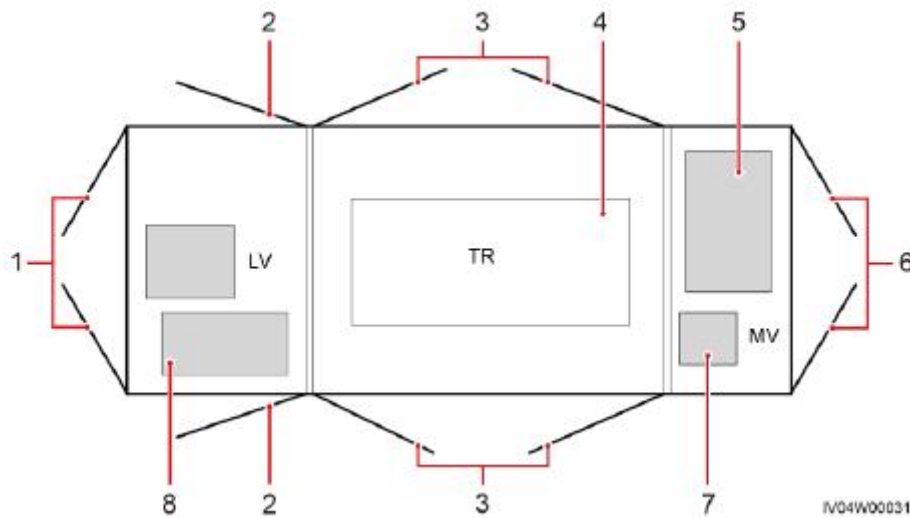
5.7 Unità di Potenza (UP)

Ogni campo fotovoltaico è esercito da una cabina di trasformazione e di smistamento (Unità di Potenza UP) rispetto alle altre cabine.

L'Unità di Potenza è una cabina del tipo preassemblata, costruita con pannelli in lamiera sandwich e fondazioni integrate in cemento armato vibrato, contenente il trasformatore di distribuzione ad alta efficienza da 3,250 kVA 0,800/36 kV, 2482 A.

In essa si distinguono le seguenti zone:

- La zona quadri BT (**A**): accoglie i cavi provenienti dagli inverter;
- La zona quadri dei S.A. con relativo trasformatore ausiliario da 5 kVA;
- La zona BT con interruttori, uno per ogni ingresso inverter, oltre interruttore per l'alimentazione dell'interfaccia USB, MBUS, RS485 ETC; un interruttore tripolare da 2900 A, lato BT del trasformatore, un interruttore quadripolare 63 A per l'alimentazione del trasformatore dei servizi ausiliari (5 KVA) e relativi interruttori per le utenze di servizio.
- La zona trasformatore di potenza (B) (3250 kVA 0/+10%) $Z_{cc} = 7\%$
- La zona quadri AT (**C**) contiene interruttore tripolari in SF6 per entrata cavi, IMS tripolare in SF6 per uscita cavi e interruttore tripolari in SF6 a protezione del trasformatore.
- La zona trasformatore con la macchina da 3250 KVA Dy11 uscita a 36 kV.



Nella zona BT sono presenti i quadri dei servizi ausiliari per alimentare i servizi di cabina e anche i servizi di BT del campo derivati da un trasformatore dedicato, della potenza di 5 kVA, che alimenta la rete di distribuzione BT interna al campo; in caso di necessità può essere richiesta, ad e-Distribuzione, una connessione in prelievo in BT;

è previsto anche un quadretto per la gestione dei segnali e il controllo delle varie sezioni di campo.

In Appendice vengono riportati i dati relativi ad ogni UP che sarà installata.

5.8 Campo fotovoltaico

Il campo fotovoltaico è l'insieme di stringhe (moduli fotovoltaici opportunamente collegati in serie e in parallelo in modo da realizzare le condizioni operative desiderate. Nella fase di progettazione del campo fotovoltaico esse sono state configurate, opportunamente, con delle serie-parallelo.

Nella configurazione si è tenuto conto che le caratteristiche elettriche dei moduli e quindi dei vari sotto-campi subiscono l'effetto della variazione dei parametri elettrici, in quanto fra i moduli interviene l'effetto del mismatch, cioè il non perfetto accoppiamento, dovuto alla disomogeneità delle caratteristiche elettriche dei moduli. Infatti in una serie di moduli la corrente può essere limitata dal modulo che eroga la corrente più bassa, mentre in un parallelo è la tensione a essere limitata dal modulo che ha la tensione di lavoro più bassa.

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6RELO010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

Tale fenomeno provoca perdite di potenza che sono in genere dell'ordine dei 5 % della potenza nominale e che possono essere limitate con una opportuna configurazione serie-parallelo del campo fotovoltaico. La configurazione serie-parallelo fa aumentare l'affidabilità del campo fotovoltaico, limitando gli effetti causati da guasti dei singoli moduli.

Un punto importante in questa progettazione è costituito dalla scelta di un valore relativamente alto della tensione nominale di esercizio, perché come è noto. una tensione bassa comporta correnti elevate che implicano una maggiore sezione dei cavi e organi di manovra più costosi, viceversa elevate tensioni necessitano di accurate e costose protezioni e maggiori perdite di energia.

I pannelli saranno disposti con una inclinazione di 23° (calcolata per la latitudine del sito di progetto) per la quale implica valori determinati delle inter-distanze onde evitare effetto ombra e anche ottimizzare l'effetto di captazione del bifacciale.

In questo progetto il numero dei campi fotovoltaici è 15.

6. Producibilità

6.1 Dimensionamento xxx

Il dimensionamento è stato effettuato sulla scorta della disponibilità di 84,5 ettari di terreno di cui 26,6 ettari occupati dai pannelli fotovoltaici e sulla disponibilità della fonte solare media annua di 1947kWh/m² sul sito in argomento.

Detto valore è stato reperito dai dati statistici forniti dall'atlante *europeo PVGIS (Photovoltaic Geographical information System)*

Per valutare la producibilità si è tenuto conto sia della radiazione dirette sia della radiazione indiretta riflessa e diffusa correlata all'andamento nel tempo.

Per meglio catturare l'energia solare, i moduli saranno inclinati di 23 gradi (miglior compromesso dell'altezza del percorso solare riscontrabili tra la massima del 21 giugno e la minima del 21 dicembre).

Il picco di radiazione del 21 dicembre viene raccolto per angolo di tilt di 65° mentre il picco del 21 giugno viene raccolto per angolo di tilt di 15°.

'inclinazione dei moduli (tilt).

Si è utilizzato il sito PVGIS, disponibile on line. Con i dati di progetto (latitudine, longitudine, tilt, azimut, potenza nominale) il software ha restituito il valore medio mensile della radiazione (kWh/m^2) e il valore medio mensile dei kWh prodotti, tenendo conto delle perdite del sistema. Considerato che si sta valutando l'energia producibile in via preliminare, le perdite sono state indicate in modo soggettivo, tenendo conto dell'efficienza dei moduli e della temperatura di ambiente.

In particolare,

le perdite considerate si riferiscono ai seguenti fattori:

- la potenza del modulo è determinata dalla temperatura standard di 25 gradi, mentre mediamente nel sito è superiore a tale valore, tali perdite ammontano a circa il 3%.
- inevitabili sono gli ombreggianti, se pur limitati dalla distribuzione geometrica dei moduli, tali perdite sono state valutate nell'ordine del 2%.
- rendimento delle apparecchiature elettriche, quali, convertitori, trasformatori, quadri, linee elettriche di collegamenti valutabili in circa del 14%.
- disuniformità delle caratteristiche elettriche tra i singoli moduli (Mismatching): 4%
- variabilità alle condizioni ambientali e alla sporcizia sul vetro del modulo

(negli anni si dovrà inoltre tenere conto della periodica diminuzione dell'efficienza dei moduli).

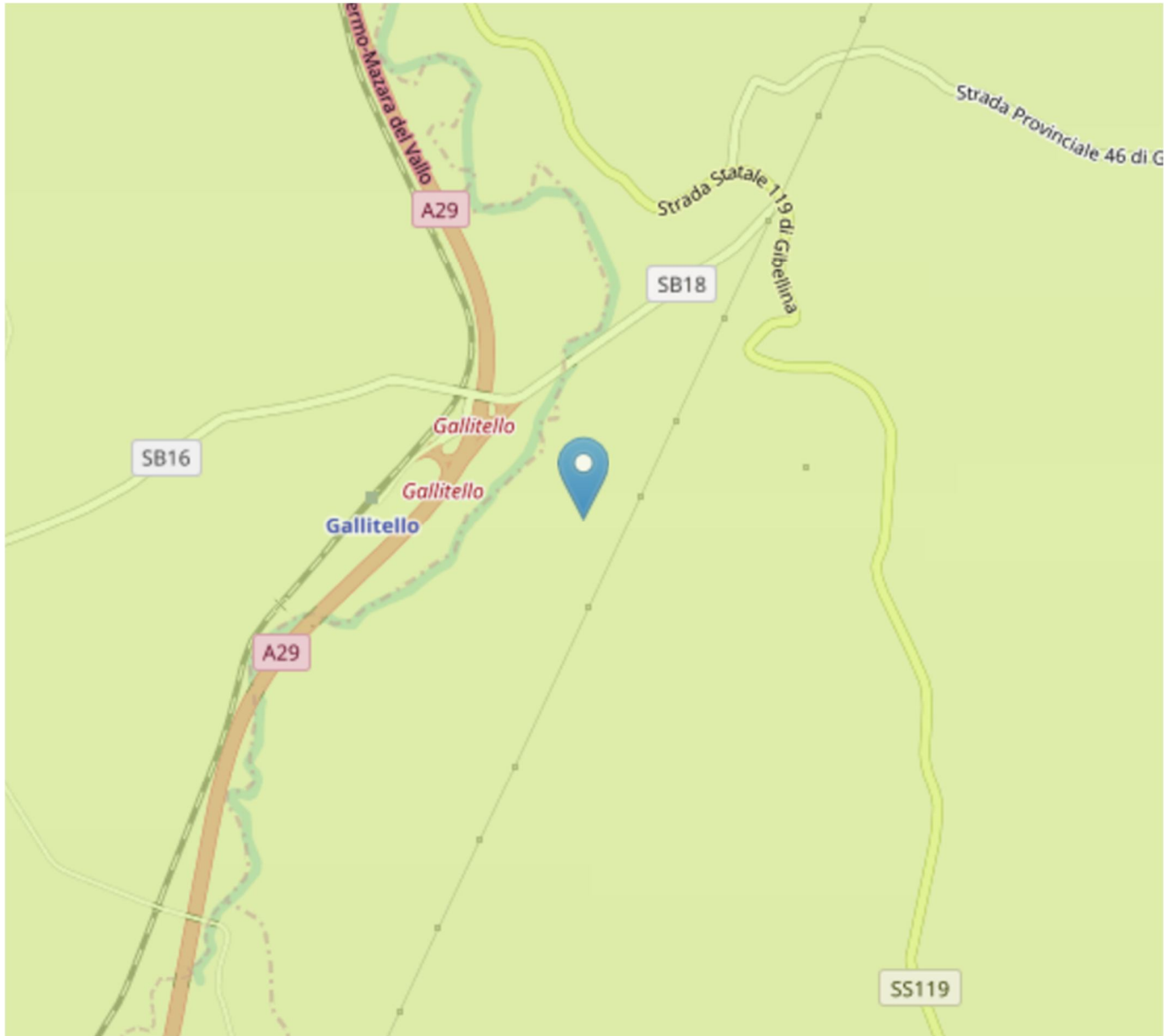
6.1 Produciibilità

Con riferimento alla potenza nominale dell'impianto (-somma delle singole potenze di 670 watt di picco per ogni modulo), per valutare la produciibilità ci si riferisce ad un anno solare calcolata sulla media delle radiazioni solari su più anni trascorsi.

Al fine di valutare la produciibilità dell'impianto fotovoltaico in oggetto, si è fatto uso del software PVsyst, il più utilizzato tra gli operatori del settore. La simulazione su percentuale probabilistica P50 (probabilità del 50% che la produciibilità attesa venga superata – best case) mostra come la produzione attesa nel primo anno sia di 85.698M Wh/anno, riducendosi linearmente nel tempo di circa il 20% al quarantesimo anno di esercizio.



Risultati ottenuti dal software PVGIS ed- 5.2, -Database utilizzato: PVGIS-SARA



Posizione [Lat/Lon] : **37.857, 12.957**

h= 157

FV installato [kWp]: 57.405

Perdita di sistema [%]: 14

Angolo di inclinazione [gradi) 23

Angolo azimutale [gradi]: 0°

Irraggiamento annuo nel piano [kWh/m²): 1.947,69

Perdite totali 23,35 % [$\eta=0,78$]

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

Produzione annuale di energia fotovoltaica [GWh]:

$$E_p = P_n \cdot 1947 \cdot \eta \quad [kWh]$$

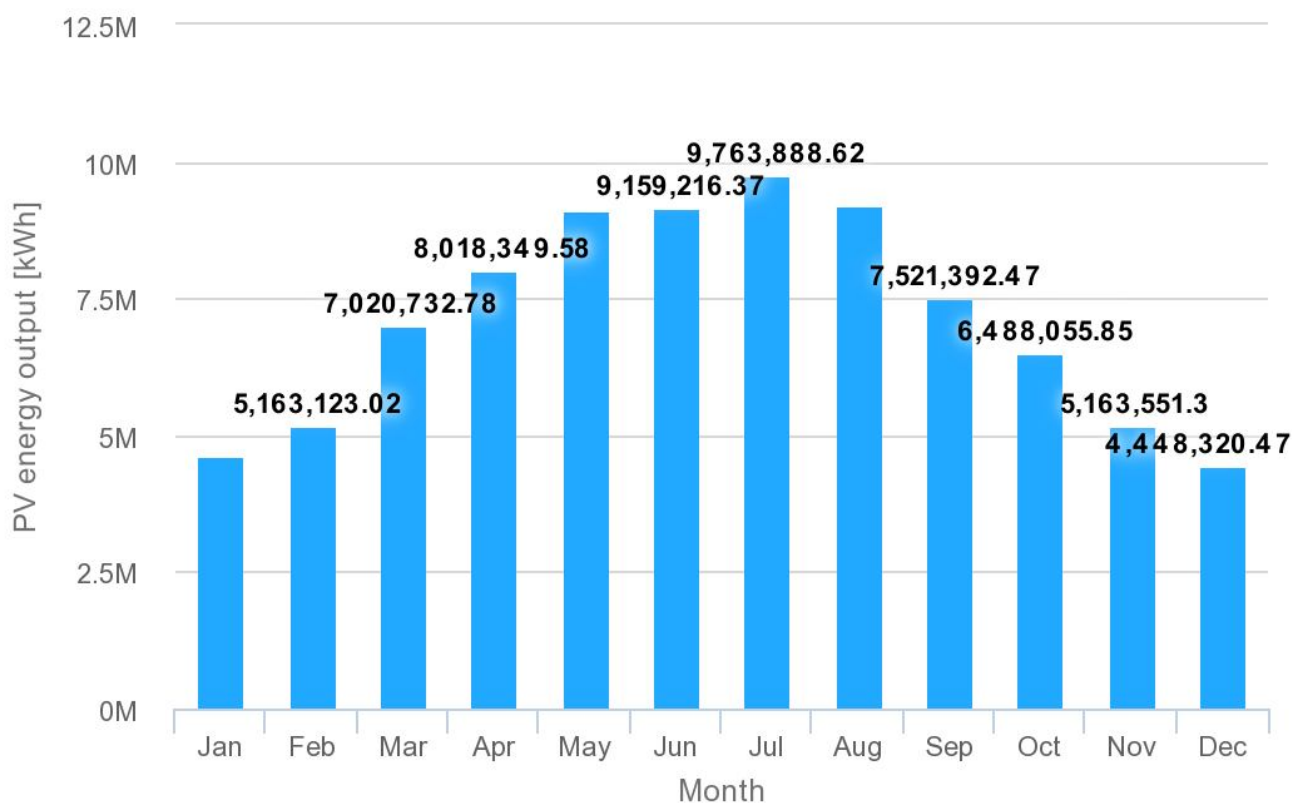
$$1947 \times 57.405 \times (1 - 23,35\%) = 85.698 \text{ MWh} \rightarrow 85,6 \text{ GWh}$$

$$[\text{ore equivalenti di irraggiam.}]: N = (1.947 \text{ kWh/m}^2) / (1 \text{ kW/mq}) = 1.947 \text{ ore (5,33 ore/die)}$$

$$\text{kWh/kWp} = 1493$$

Monthly energy output from fix-angle PV system

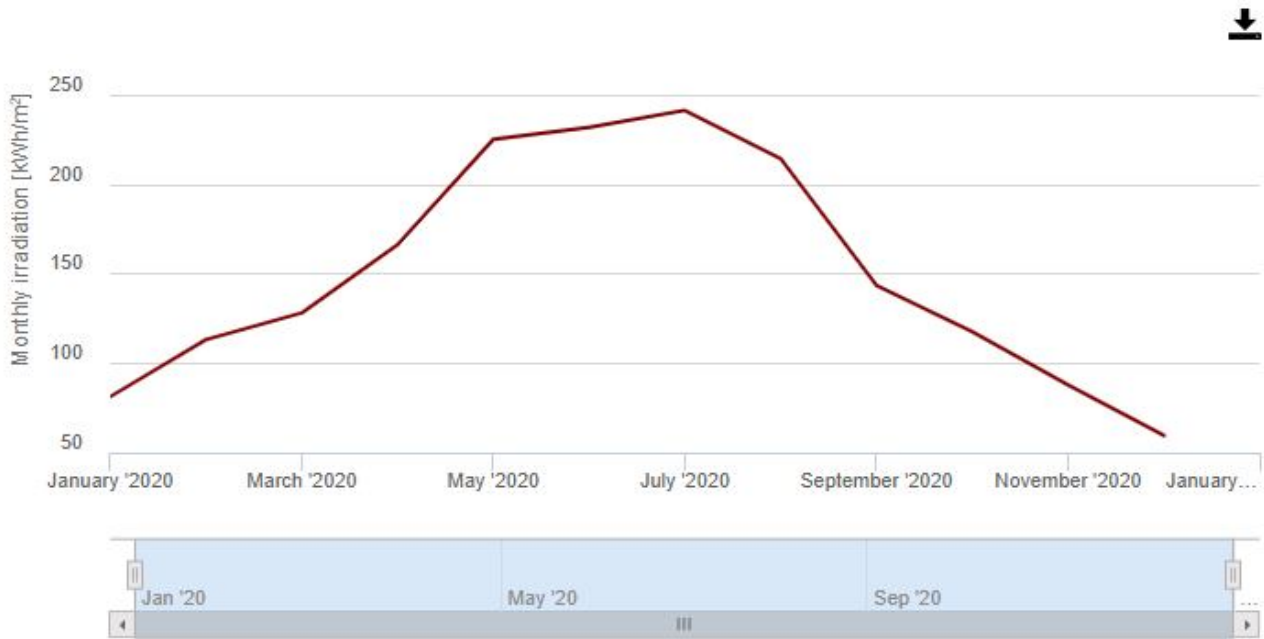
(C) PVGIS, 2023



85,6 =GWh/anno]

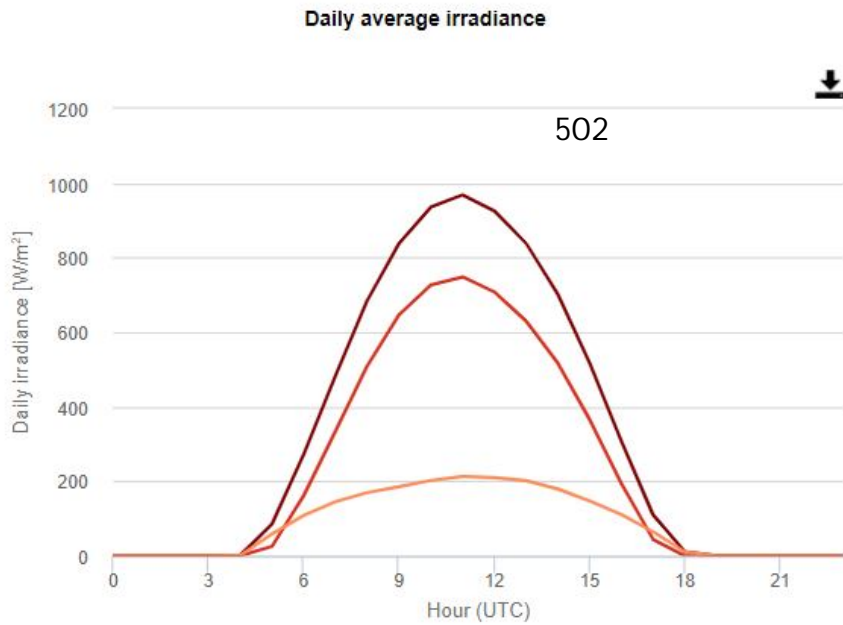
[Irraggiamento medio mensile [KWh /mq]

Monthly solar irradiation estimates



Irradiation

Irraggiamento medio giornaliero nel mese di Dicembre [KWh /mq]



Irraggiamento medio giornaliero nel mese di Luglio [KWh /mq]

7. Rete Elettrica

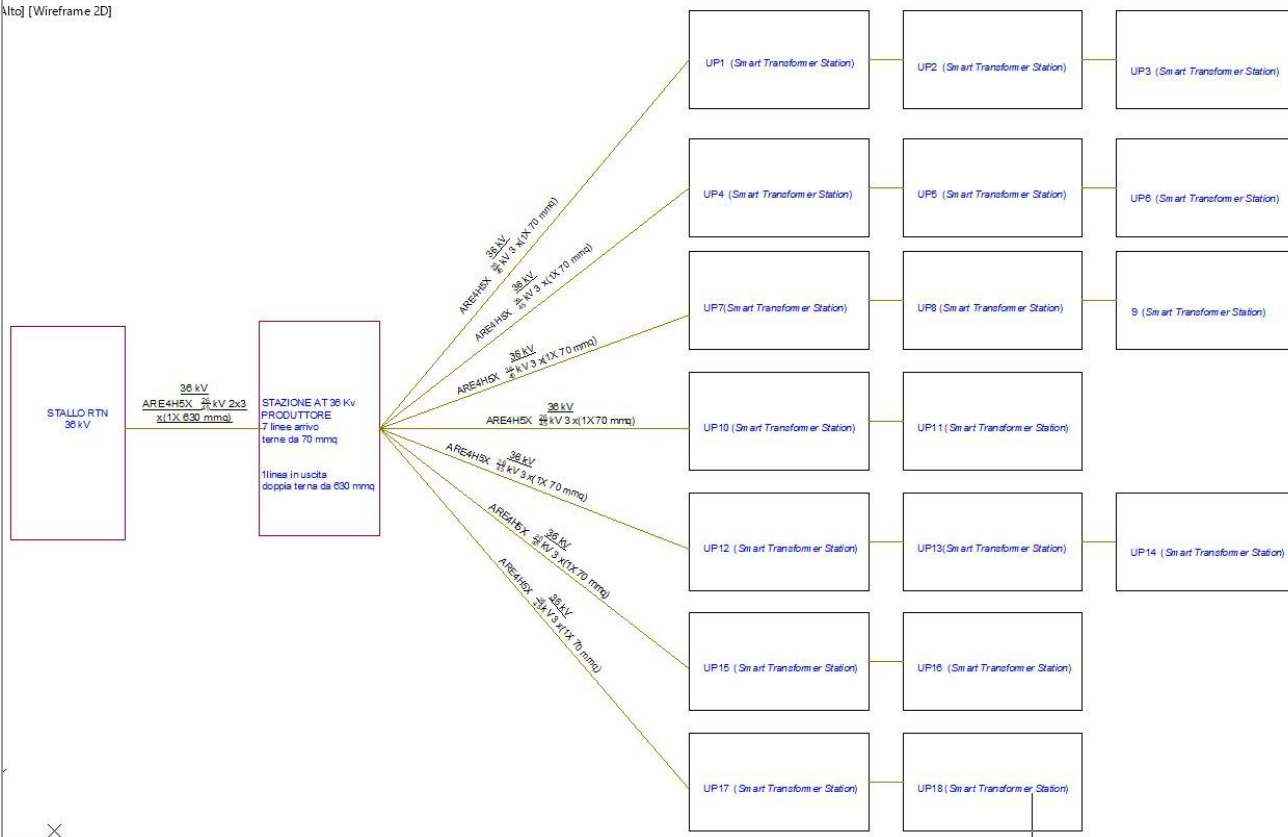
L'energia Elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici, convogliata fino alle UP a sua volta convogliata e raccolta fino ai quadri AT (36 kV) posizionati all'interno dell'edificio sito nel piazzale AT.

Dai quadri AT l'energia, tramite due terne di cavi viene immessa in rete RTN in corrispondenza dello stallo 36 kV che renderà disponibile presso una nuova stazione di trasformazione ubicata a circa 3200 metri.

Le due terne di cavo interrato alla profondità di 1,6 mt si snodano lungo una stradella vicinale.

7.1 Flow chart Rete Elettrica

Altaj [Wireframe 2D]



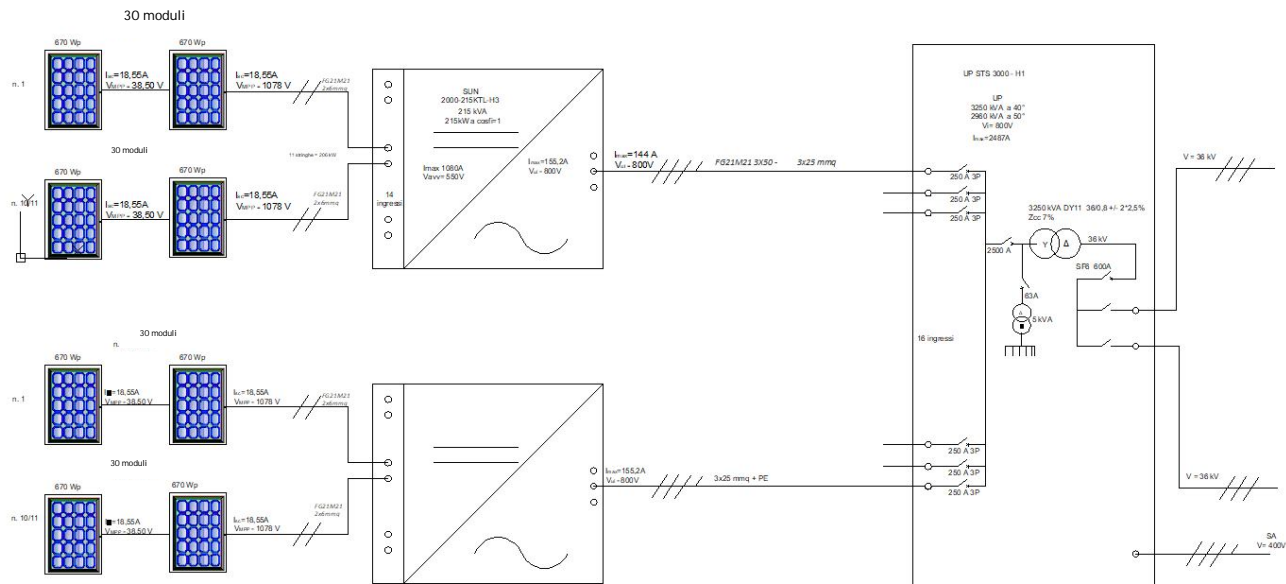
Nella figura è rappresentata la rete elettrica con evidenziate le 18 UP.

Le UP sono connesse fra loro in 6 gruppi rispettivamente di 3- 3 -3- 2- 3- 2 -2

Ogni gruppo convoglierà energia tramite un cavo in alluminio [36 kV ARE4H5X 26/45 kV 3x (1x70 mmq)], fino alla stazione AT (ai quadri AT entro l'edificio).

Dai quadri AT si di dipartono le 2 terne di cavi (36 kVARE4H5X 26/45 kV 2x3 x (1X 630 mmq)
Per la connessione alla RTN.

Lo schema di rete elettrica sintetizzato sotto raffigurato si riferisce allo schema di un campo0.



Lo schema raffigurato è quello inerente alla rete inerente ad uno dei 18 campi.

Nel dettaglio il campo è costituito da una UP di 3.250 KVA; nella UP si attestano 18 inverter.

In ogni inverter si attestano le stringhe di 28 moduli nelle seguenti quantità

- 108 inverter accoglieranno 10 stringhe, per un totale di 1.980 stringhe;
- 180 inverter accoglieranno 11 stringhe, per un totale di 1980stringhe;

Il collegamento tra moduli sarà fatto con cavi da $2 \times 4 \text{ mm}^2$ in corrente continua alla tensione di 46,3 volt (condizioni di picco)

Il collegamento tra stringa e inverter sarà fatto con cavo da $4 \times 16 \text{ mm}^2$ in corrente alternata (oppure $4 \times 35 \text{ mm}^2$ in funzione della distanza tra inverter e UP) alla tensione 800 volt (condizioni di picco).

La tensione in uscita dalla UP è di 36 kV (tensione di esercizio e di consegna alla RTN).

7.2 Stazione AT

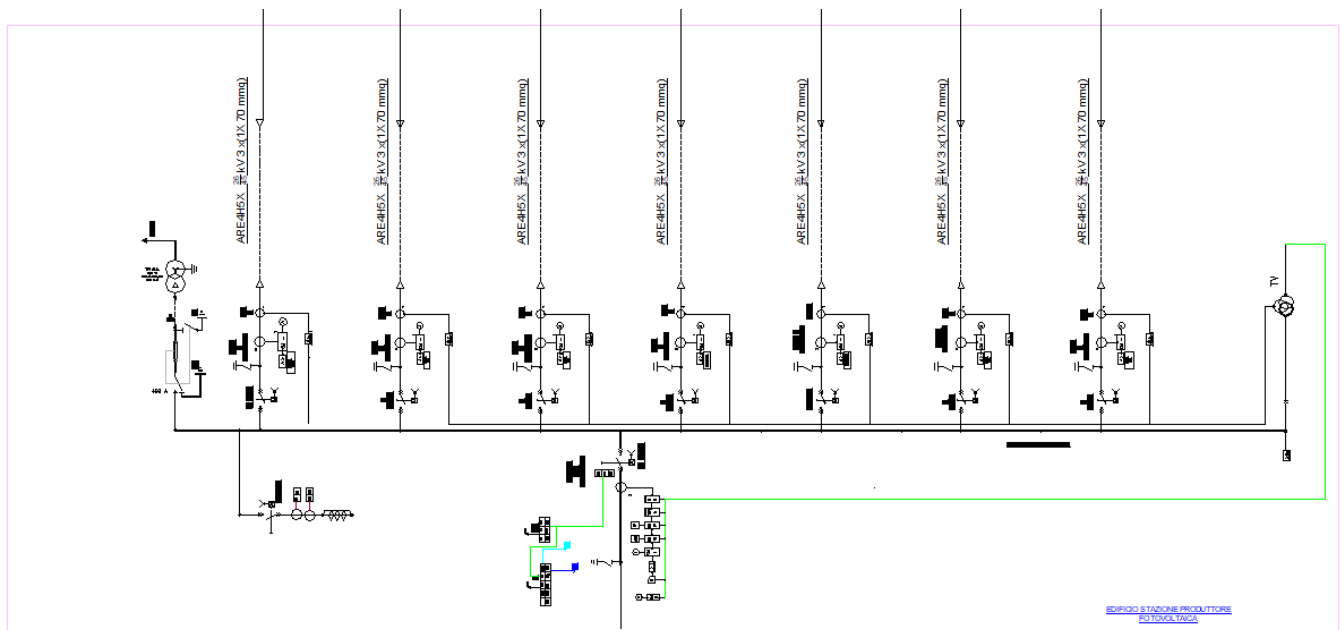
La Stazione AT sarà realizzata su uno spiazzale di circa 2.300 m².

In essa si posizionerà un edificio in muratura delle dimensioni di 26x10 metri per accogliere tutte le apparecchiature elettriche dell'impianto fotovoltaico.

Come si evince dalla figura, è prevista una sala quadri AT con 10 scomparti AT per accogliere 7 cavi da 70 mm² provenienti dai 18 UP più uno scomparto di uscita dei 2 cavi da 630 mm² (le 2 terne di connessione), più altri scomparti per il TVC e l'alimentazione del trasformatore dei servizi ausiliari.

Un'altra sala quadri è destinata per tutte le utilizzazioni di BT (rack per le apparecchiature di protezioni, controllo, monitoraggio dell'impianto e comunicazioni).

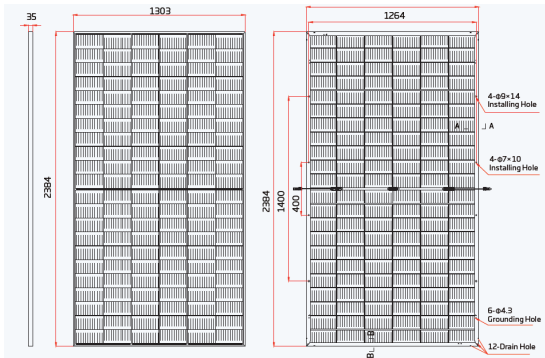
Una saletta per le batterie di accumulatori e servizi vari.



Nel piazzale della stazione è previsto un altro edificio adibito a magazzino, una piazzola per il posizionamento del trasformatore da 160 kVA dei servizi ausiliari, un Gruppo Elettrogeno di emergenza, eventuale compensatore se richiesto da Terna in fase di definizione del regolamento di esercizio, spazi liberi per parcheggio automezzi, deposito di materiale etc..).

8. APPENDICE

8.1 Dati Tecnici del modulo fotovoltaico



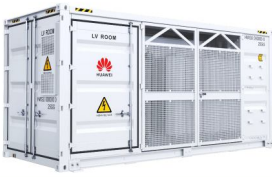
Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	670
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	38.5
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.43
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	46.3
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.55
Module Efficiency η_m (%)	21.6

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×35 mm (93.86×51.30×1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 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	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

8.1 Dati Tecnici dell'Inverter 215 KVA

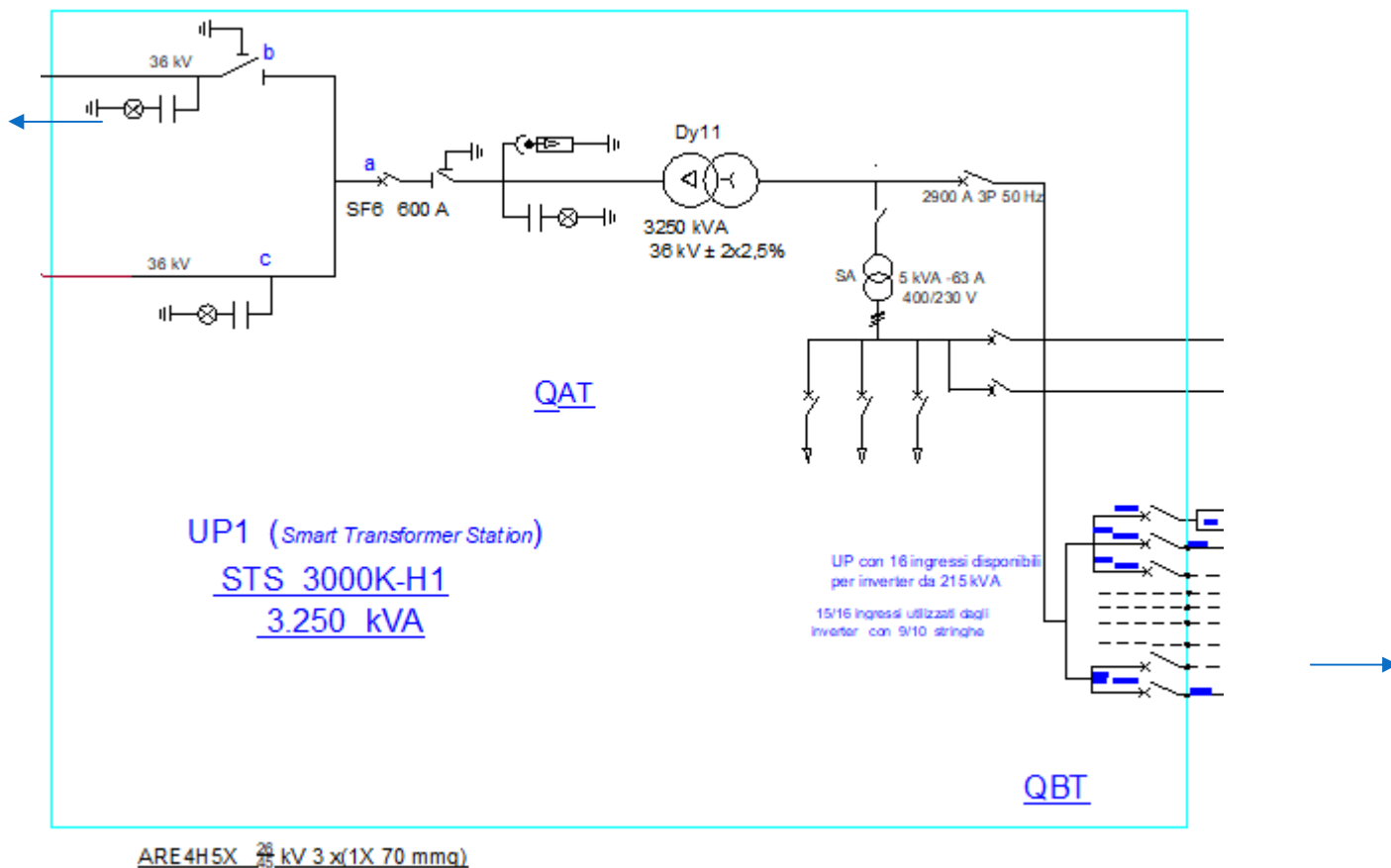
Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.6%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	3
Max. Current per MPPT	100A/100A/100A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Max. AC Apparent Power	215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	215,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A
Max. Output Current	155.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG _ 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 1%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (191.8 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

8.1 Dati Tecnici dell'Unità di Potenza (UP) 3.250 kVA



Input		
Available Inverters	SUN2000-200KTL-H2 / SUN2000-215KTL-H0	
AC Power	3,250 kVA @40°C / 2,960 kVA @50°C ¹	
Max. Inverters Quantity	16	
Rated Input Voltage	800 V	
Max. Input Current at Nominal Voltage	2,482.7 A	
LV Main Switches	ACB (2900 A / 800 V / 3P, 1 pcs), MCCB (250 A / 800 V / 3P, 16 pcs)	
Output		
Rated Output Voltage	10 kV, 11 kV, 15 kV, 20 kV, 22 kV, 23 kV, 30 kV, 33 kV, 35 kV ²	13.8 kV, 34.5 kV ²
Frequency	50 Hz	60 Hz
Transformer Type	Oil-immersed, Conservator Type	
Transformer Tappings	± 2 x 2.5%	
Transformer Oil Type	Mineral Oil (PCB Free)	
Transformer Vector Group	Dy11	
Transformer Min. Peak Efficiency Index	In accordance with EN 50588-1	
Transformer Load Losses	30.1 kW	
Transformer No-load Losses	2.51 kW	
Impedance (HV-LV1, LV2)	7% (0 ~ +10%) @3,250 kVA	
MV Switchgear Type	SF6 Gas Insulated, 3 Units	
MV Switchgear Configuration	1 Transformer Unit with Circuit Breaker 1 Cable Unit with Load Breaker Switch 1 Cable Direct Connection Unit	
Auxiliary Transformer	Dry Type Transformer, 5 kVA, Dyn11	
Output Voltage of Auxiliary Transformer	400 / 230 Vac	220 / 127 Vac
Protection		
Transformer Monitoring & Protection	Oil Level, Oil Temperature, Oil Pressure and Buchholz	
Protection Degree of MV & LV Room	IP 54	
Internal Arcing Fault MV Switchgear	IAC A 20 kA 1s	
MV Relay Protection	50/51, 50N/51N	
MV Surge Arrester for MV Circuit Breaker	Equipped	
LV Overvoltage Protection	Type I+II	
General		
Dimensions (W x H x D)	6,058 x 2,896 x 2,438 mm (20' HC Container)	
Weight	< 15 t (33,069 lb.)	
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C ³ (-13°F ~ 140°F)	
Relative Humidity	0% ~ 95%	
Max. Operating Altitude	2,000 m (6,562 ft.)	2,500 m (8,202 ft.)
Enclosure Color	RAL 9003	
Communication	Modbus-RTU, Preconfigured with Smartlogger3000B	
Applicable Standards	IEC 62271-202, EN 50588-1, IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 61439-1	

8.2 Schema unifilare della UP



Nello schema si notano: l'interruttore a protezione del trasformatore da 3250 kVA, i 2 IMS per lo smistamento della UP, il trasformatore BT/AT, il trasformatore da 160 kVA dei servizi ausiliari interni, una serie di interruttori magnetotermici differenziali per l'alimentazione delle varie utilizzazioni, gli interruttori per accogliere i cavetti provenienti dagli inverter. A monte degli inverter sono rappresentate le stringhe del parco fotovoltaico.

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6RELO010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

8.3 Definizioni

Angolo azimutale: L'angolo azimutale indica il grado di scostamento delle superfici dei pannelli termici o del pannello fotovoltaico dall'esatto orientamento verso sud.

Angolo di inclinazione: Angolo fra il piano inclinato di ricezione e il piano orizzontale. A seconda del grado di latitudine del luogo di montaggio di un impianto solare vi sono differenti angoli di inclinazione ottimali.

Assorbimento (Grado di): Indica la quota di irraggiamento su una determinata superficie che viene trasformata in calore.

Biomassa (dalla Gazzetta Ufficiale D.P.C.M. 8/3/2002 all. III): Materiale vegetale proveniente da coltivazioni dedicate, da trattamento esclusivamente meccanico di coltivazioni agricole non dedicate, da interventi selvicolturali, da manutenzioni forestali e da potatura, dalla lavorazione esclusivamente meccanica di legno vergine e costituito da cortecce, segatura, trucioli, chips, refili e tondelli di legno vergine, granulati e cascami di legno vergine, granulati e cascami di sughero vergine, tondelli, non contaminati da inquinanti, aventi caratteristiche previste per la commercializzazione e l'impiego, da materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di prodotti agricoli, avente le caratteristiche previste per la commercializzazione e l'impiego.

Campo fotovoltaico: insieme di tutte le stringhe fotovoltaiche di un sistema dato. **NOTA:** il termine di campo fotovoltaico è a volte utilizzato come sinonimo di Centrale fotovoltaica o impianto fotovoltaico.

Cella combustibile: vedi Fuel cell

Cella fotovoltaica: dispositivo che manifesta l'effetto fotovoltaico, cioè che genera una tensione elettrica in corrente continua quando è sottoposto ad assorbimento di fotoni della radiazione solare

Circuito pannelli (circuito solare): Circuito fra pannello e serbatoio di un impianto solare composto da pannello, tubazione, scambiatore di calore, pompa e dispositivi di sicurezza.

Cippato: Materiale legnoso di vario tipo macinato in pezzi di dimensioni di circa 5/8 x 5/8 cm adatto per essere gestito da un sistema automatico per l'alimentazione di una caldaia a legna.

Centrale fotovoltaica (o impianto fotovoltaico): insieme di uno o più campi fotovoltaici e di tutte le infrastrutture e apparecchiature richieste per collegare gli stessi alla rete elettrica ed assicurarne il funzionamento.

COD: Chemical oxygen demand, ovvero richiesta chimica di ossigeno. Il suo valore, espresso in milligrammi di ossigeno per litro, rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per la completa ossidazione dei composti organici ed inorganici presenti in un campione di acqua. Rappresenta quindi un indice che misura il grado di inquinamento dell'acqua da parte di sostanze ossidabili, principalmente organiche.

La legge italiana consente lo scarico nei sistemi fognari di acqua il cui COD non sia superiore ai 700 mg/L. Acque aventi valori superiori, devono essere previamente trattate in modo da rimuoverne gli

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

inquinanti.

Coefficiente termico: Indica di quanto diminuisce la tensione a vuoto o la potenza, e quindi il grado di efficienza di una cella solare o di un pannello, per grado Celsius, se la temperatura della cella aumenta. Dal momento che le dimensioni sopraindicate delle celle solari a cristalli hanno coefficienti termici negativi relativamente elevati, i pannelli composti da celle cristalline di silicio dovrebbero possedere un'adeguata ventilazione.

Cogenerazione: produzione combinata di energia elettrica e calore.

Collettore: Componente elementare di un impianto a pannelli che trasforma in maniera il più efficiente possibile l'irraggiamento solare in calore. Quest'ultimo viene captato e convogliato da un fluido termovettore e quindi trasmesso ad un serbatoio mediante uno scambiatore di calore. Un pannello piano è composto da un corpo ben coibentato in cui è situato un assorbitore. Il corpo viene coperto da una lastra in vetro solare.

Condizioni standard di prova (STC): (STC = Standard Test Conditions) Condizioni normative per la determinazione della potenza nominale (misurazione della linea caratteristica IU) di pannelli fotovoltaici: potenza di irraggiamento 1.000 W/m² con incidenza luminosa perpendicolare; spettro elettromagnetico corrispondente a AM 1,5; temperatura delle celle di 25 °C.

Connessione alla rete: (Esercizio in parallelo alla rete) Collegamento di un impianto fotovoltaico alla rete di distribuzione dell'energia elettrica mediante un invertitore (inverter) al fine di immettere completamente o parzialmente la corrente prodotta dall'impianto stesso. Gli impianti fotovoltaici connessi alla rete non richiedono accumulatori di energia (tale funzione viene in pratica esercitata dalla rete elettrica pubblica).

COP: Coefficiente di prestazione annuale.

Corrente: L'intensità di una quantità di carica che scorre attraverso un conduttore (per es. sotto forma di elettroni attraverso un filo di rame) viene chiamata corrente elettrica. L'unità di misura della corrente è l'ampere (abbr. A).

Corrente alternata (AC): Corrente soggetta a continui cambi di polarità. Nella rete pubblica tedesca la corrente alternata ha una frequenza di 50 Hz (Hertz), ciò significa che essa assume 50 volte in un secondo valori positivi o negativi di una semionda (ideale) di forma sinusoidale. La corrente o la tensione alternata vengono prodotte da generatori rotanti o invertitori.

Corrente continua (DC): Flusso di corrente privo di cambio di direzione, come quello generato per es. da batterie o pannelli fotovoltaici.

Corrente di corto circuito: (Abbr. I_{cc}) La corrente prodotta da una cella solare o da un pannello se entrambi i morsetti vengono collegati senza alcuna resistenza supplementare (corto circuito).

Cronotermostato: Apparecchio elettronico funzionante di solito a batterie che sostituisce il tradizionale termostato d'ambiente. Il cronotermostato oltre ad intervenire sull'accensione e

spegnimento della caldaia in base alla temperatura interviene anche in base all'orario. In alcune fasce orarie l'abitazione è inutilizzata, quindi il cronotermostato abbassa la temperatura di qualche grado aumentando il risparmio energetico. Non spegne mai la caldaia a lungo tempo evitando i superlavori

Diodo di by-pass: se una cella solare viene a trovarsi parzialmente o completamente in ombra, essa viene attraversata da una corrente minore. A causa del collegamento in serie interno al pannello la cella solare in ombra si riscalda e può subire danni irreparabili. I diodi di by-pass servono come protezione delle celle in ombra. Un pannello solare dispone di fino a tre diodi di by-pass a seconda del numero di celle.

Energie rinnovabili: quelle fonti di energia non "esauribili" nella scala dei tempi "umani" o comunque così percepite dall'uomo o dalla società. Energie che possono essere ricostruite, rigenerate o riformate attraverso l'utilizzo delle risorse disponibili quali sole, vento, maree, od altro senza sfruttare fonti fossili che aumentano il CO₂ ed altre sostanze inquinanti.

Energia primaria: Energia ottenibile da una fonte naturale sotto forma di petrolio, carbone, metano, acqua, irraggiamento solare ecc. Le fonti di energia primaria possono essere impiegate in parte direttamente dal consumatore finale. La maggior parte dell'energia primaria viene però trasformata in energia secondari. a

Energia secondaria: deriva dalla trasformazione di energia primaria, per es. il carbone viene trasformato in coke o bricchetti, il petrolio in benzina, gasolio o nafta.

Energia solare: In senso stretto l'energia solare è l'energia che dal sole raggiunge la terra sotto forma di fotoni.

Fluido termovettore: Fluido nel circuito pannelli di un impianto solare che trasporta il calore dal pannello all'accumulatore. Per assicurare una protezione antigelo il fluido termovettore è normalmente una miscela di acqua e glicole.

Fotovoltaico: Che genera energia elettrica in seguito all'assorbimento della luce. (Abbr. FV) La tecnologia fotovoltaica trasforma l'energia solare (fotoni) in energia elettrica attraverso celle solari.

Fuel cell: Cella combustibile Apparecchio capace di produrre energia elettrica tramite una reazione elettrochimica alimentata da alcuni gas come l'idrogeno.

Generatore: Il termine generatore o generatore solare indica la totalità dei pannelli fotovoltaici fra loro collegati.

Generatore fotovoltaico: I singoli pannelli vengono inizialmente collegati in serie a formare stringhe e queste poi collegate in parallelo con il generatore fotovoltaico in modo da raggiungere tensioni e correnti sufficientemente elevate per l'immissione per es. di energia nella rete pubblica mediante l'inverter.

Grado di efficienza: Il grado di efficienza indica il rapporto fra due misure di potenza in un sistema (potenza in uscita ed in entrata). Il grado di efficienza è un valore temporaneo e dipende

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

dalle condizioni di esercizio del sistema nel periodo di tempo considerato. Il grado di efficienza di una cella solare o di un pannello è definito dal rapporto fra la potenza elettrica prodotta e la potenza dell'irraggiamento. In ragione della dipendenza del grado di efficienza dalla superficie è necessario tenere conto di quale superficie viene considerata nel procedimento di calcolo, per es. la superficie complessiva del pannello o solo la superficie attiva delle celle all'interno di un pannello.

Il grado di efficienza di un pannello viene definito dal rapporto fra la potenza calorifica di un pannello (output) e l'intensità di irraggiamento a livello del pannello (input). Il grado di efficienza del pannello o del pannello è solo uno dei fattori che determinano l'efficienza di un impianto solare.

Impianto Biogas: è un sistema che ricava il massimo del gas naturale dalla decomposizione controllata di materie degradabili di origine animale, vegetale e di scarto industriale.

Inclinazione del tetto: l'inclinazione del tetto è data dall'angolo di un tetto rispetto al piano orizzontale. Per un'integrazione armonica dell'impianto fotovoltaico sono indicate inclinazioni comprese fra 20° e 40°. Grazie ad appositi sistemi di montaggio i pannelli possono essere portati in posizione ideale anche con inclinazioni del tetto non ottimali.

Inseguimento solare: Con l'ausilio di un impianto ad inseguimento solare la superficie dei pannelli dell'impianto fotovoltaico viene ruotata nel corso della giornata e segue così la posizione del sole. Il bilancio energetico dell'impianto può essere in tal modo aumentato di circa il 30%.

Inverter: Trasforma la corrente continua fornita dai pannelli in corrente alternata compatibile con la rete pubblica. Servendosi di una regolazione MMP l'inverter preleva la potenza dal generatore fotovoltaico al Maximum Power Point della linea caratteristica IU.

Irraggiamento diffuso: L'irraggiamento solare presente sulla superficie terrestre si divide in irraggiamento diretto ed irraggiamento diffuso. L'irraggiamento diffuso è l'irraggiamento che non giunge al punto di osservazione seguendo un percorso geometricamente diretto dal sole ma che per es. viene riflesso o scomposto da particelle presenti nell'atmosfera.

Irraggiamento diretto: Irraggiamento solare che raggiunge la superficie terrestre in modo diretto. L'irraggiamento diretto si somma all'irraggiamento diffuso.

Irraggiamento globale: Somma dell'irraggiamento diretto e di quello diffuso sul piano orizzontale. L'atmosfera terrestre riduce la potenza dell'irraggiamento solare extraterrestre (costante solare) a causa di assorbimento, riflessione e scomposizione, e quindi la radiazione

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

sulla superficie terrestre alle nostre latitudini viene ridotta a ca. 1.000 W/mq (estate, cielo sereno, a mezzogiorno). La disponibilità di energia solare varia a seconda delle condizioni meteorologiche e delle leggi astronomiche (che determinano fra l'altro il corso delle stagioni). La somma media annuale dell'irraggiamento globale su di una superficie orizzontale per es. nella regione di Hannover è pari a circa 1.000 kWh/(mq*a). Ciò corrisponde al contenuto energetico di circa 100 litri di gasolio o 100 metri cubi di metano.

Isola (Sistema/impianto a): Sistema fotovoltaico autonomo utilizzato per l'alimentazione energetica di utenze isolate (lontane dalla rete), per es. in montagna o in regioni rurali.

Kilowatt picco: (Abbr. kWp) Unità di misura della potenza teorica massima di un impianto fotovoltaico (1 kWp = 1.000 Wp). **Kilowattora:** (Abbr. kWh) Unità di misura dell'energia (1 kWh = 1.000 Wh).

Led: componente elettronico capace di emettere un flusso di luce di vari colori con consumi piuttosto limitati. Sono attualmente utilizzati in apparecchi tecnologici come spie di funzionamento. Attualmente si stanno facendo studi per utilizzare i led per l'illuminazione. Vengono attualmente utilizzati anche nell'industria automobilistica per sostituire le luci di posizione e di stop per la loro lunga durata rispetto alle tradizionali lampadine.

Maximum Power Point: (Abbr. MPP) Inglese per punto di massima potenza. In questo punto di lavoro della linea caratteristica IU di una cella solare o di un pannello può essere ottenuta la massima potenza. Con il MPP-Tracking (inseguimento del punto di massima potenza) è possibile localizzare e impostare tale punto in ogni condizione di esercizio.

Modulo fotovoltaico: il più piccolo insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante

Montaggio autonomo: Il termine montaggio autonomo definisce un impianto fotovoltaico collocato su di una superficie autonoma, come per es. un campo.

Montaggio integrato nel tetto: nel montaggio integrato nel tetto i pannelli vengono incorporati nella superficie di copertura del tetto. A tal fine viene eliminata la superficie di copertura preesistente o, in caso di edifici di nuova costruzione, viene lasciata libera la superficie prevista per i pannelli.

Montaggio su facciata: Impianto fotovoltaico montato o integrato in modo fisso nella facciata di un edificio.

Montaggio su tetto: Nel caso di montaggio su tetto i pannelli solari vengono installati parallelamente al rivestimento del tetto servendosi di particolari sistemi di montaggio.

Montaggio su tetto piano: Per un bilancio energetico ottimale i pannelli fotovoltaici installati su di un tetto piano devono essere collocati ad un'inclinazione di circa 30° con l'ausilio di una sottostruttura.

Ombreggiamento: L'ombra prodotta sul tetto da alberi, edifici o antenne è il nemico di ogni impianto

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

fotovoltaico. Le celle solari sono infatti collegate in serie ed ogni cella solare che si trova in ombra disturba il flusso regolare di energia, influenzando così il rendimento dell'impianto.

Orientamento di un impianto fotovoltaico: Per un orientamento ottimale le superfici dei pannelli di un impianto fotovoltaico dovrebbero essere orientate verso sud e presentare un'inclinazione dai 20° ai 40°.

Pannello: Collegamento elettrico di più celle solari incapsulate, protette dagli influssi meteorologici ed ambientali e isolate elettricamente. Un pannello costituisce l'unità fondamentale di un impianto fotovoltaico.

Pannello fotovoltaico: gruppo di moduli preassemblati, fissati meccanicamente insieme e collegati elettricamente

Pellicola sottile (Tecnica a): Definizione della tecnica di produzione di celle solari a pellicola sottile che vengono applicate su di un materiale di supporto economico (vetro, metallo, plastica). I vantaggi della tecnica a pellicola sottile sono rappresentati dal risparmio di materiale e di energia nel processo industriale di produzione, la facilità di applicazione e la possibilità di produrre celle solari di grandi superfici con collegamento in serie integrato.

Perdite per riflessione: L'irraggiamento che viene riflesso dalla superficie di un collettore o di un pannello oppure dalla superficie di una cella solare e che quindi non può più contribuire alla produzione di calore e di corrente

Potenza: L'energia consumata o messa a disposizione per unità di tempo. L'unità di misura della potenza è il watt (W) o il chilowatt (kW). $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W} = 1.000 \text{ J/s}$.

Potenza nominale: Potenza massima possibile fornita da una cella solare o da un pannello. La potenza nominale viene definita come potenza massima nel Maximum Power Point in condizioni standard di prova (STC) e viene misurata in watt picco (abbr. Wp).

Potenza nominale, o di targa, o massima, o di picco di un impianto fotovoltaico: è la potenza elettrica (espressa in kWp) determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o di targa, o massima, o di picco) di ciascun modulo fotovoltaico costituente l'impianto, misurate in Condizioni di Prova Standard (STC). **NOTA:** la potenza di picco è sempre riferita a misure sui circuiti in corrente continua.

Potenza nominale dei convertitori dell'impianto fotovoltaico lato corrente alternata: è la potenza elettrica (espressa in kW) determinata dalla somma delle singole potenze nominali degli inverter misurata lato corrente alternata.

Potenza immessa in rete: è il valore della potenza elettrica prodotta dalla Centrale fotovoltaica ed immessa in rete

Principio fotovoltaico: Descrive la creazione di una tensione elettrica in un semiconduttore quando i portatori di carica vengono eccitati dall'irraggiamento luminoso (fotoni) (foto-effetto interno). Estrahendo i portatori di carica è possibile ricavare energia elettrica sotto forma di corrente.

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

Projet Financing: La finanza di progetto è un'obbligazione o un titolo di debito o un finanziamento strutturato in modo che l'entità debitrice possa ripagarne il capitale a scadenza e pagare i relativi interessi attraverso i ricavi conseguiti con l'investimento eseguito attraverso il capitale così preso a prestito. La finanza di progetto, per esempio, trova ampia applicazione nelle grandi opere pubbliche.

Protezione antifulmine: Un impianto fotovoltaico non incrementa normalmente il rischio legato ai fulmini. Gli impianti fotovoltaici vengono comunque montati in conformità alle norme di protezione antifulmine per motivi di sicurezza e per prevenire danni.

Regolatore di carica: Viene utilizzato in sistemi ad isola come elemento di connessione fra generatore fotovoltaico ed accumulatore. Regola e controlla il processo di carica. Ulteriori funzioni sono fra l'altro la protezione da scarica profonda dell'accumulatore.

Regolazione in base alla differenza di temperatura: Controlla il trasporto di calore dal pannello all'accumulatore attraverso l'inserimento ed il disinserimento della relativa pompa. Il segnale di controllo è dato dalla differenza delle temperature all'uscita del pannello e nella zona inferiore dell'accumulatore.

Remunerazione dell'immissione di energia: Remunerazione legata all'immissione della corrente rinnovabile prodotta nella rete pubblica di distribuzione di energia elettrica.

Resa del circuito pannelli: Quantità di calore che viene ceduta dal circuito pannelli (circuito solare) al serbatoio solare. Normalmente viene indicata una resa specifica del circuito pannelli. Per un impianto a pannelli piani una buona resa annuale è rappresentata da più di 400 kWh/(mq*a); i rendimenti massimi di grandi impianti si collocano al di sopra di 500 kWh/(mq*a).

Resa solare: Indica il calore solare utilizzabile, ovvero il calore che può essere impiegato come tale a partire dall'accumulatore una volta tolte le perdite termiche dell'impianto a pannelli.

Rivestimento antiriflesso: Uno strato di rivestimento trasparente sulla superficie delle celle solari per diminuire le perdite dovute a riflessione. Grazie a tale strato speciale penetra più luce nella cella, dato che la superficie in silicio rifletterebbe altrimenti il 30% della luce solare.

Rivestimento selettivo: Rivestimento speciale sull'assorbitore di un pannello in grado di assorbire quasi completamente l'irraggiamento solare da cui è interessato (onde corte) e di ridurre contemporaneamente le crescenti perdite di irraggiamento legate all'aumento della temperatura mediante l'emissione di irraggiamento di calore (onde lunghe).

Scambio sul posto: definisce le regole attraverso cui viene regolamentato un contratto di scambio energetico tra il gestore della rete ed il produttore di energia rinnovabile. In sostanza la delibera definisce che l'energia prodotta attraverso fonte rinnovabile e ceduta al gestore della rete verrà scontata sui consumi del produttore medesimo.

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

Silicio: Elemento chimico dotato della possibilità di instaurare quattro legami con altri atomi e formare cristalli duri e ruvidi con una struttura stabile simile a quella del diamante. Dopo l'ossigeno il silicio è il secondo elemento più ricorrente sulla crosta terrestre, dove è però presente solo sotto forma di ossido di silicio SiO₂ (quarzo, sabbia). Il silicio è il semiconduttore che fino ad oggi riveste il ruolo più importante nell'industria elettronica e nel settore fotovoltaico. La materia prima ossido di silicio può essere lavorata per ottenere silicio monocristallino, policristallino o amorfo.

Silicio amorfo (Abbr. a-Si): Gli atomi nel materiale amorfo sono ordinati in maniera irregolare (amorfo: gr. informe) Visto l'elevato potere di assorbimento dell'a-Si per una cella solare di questo materiale è sufficiente un rivestimento di pochi µm di spessore = tecnica a pellicola sottile.

Silicio microcristallino: Silicio policristallino costituito da più cristalli.

Silicio monocristallino: Denominazione del silicio presente in forma di cristalli singoli.

Silicio policristallino: È costituito da piccoli cristalli fra loro collegati che presentano dimensioni da qualche millimetro fino ad alcuni centimetri. Un procedimento comune di produzione del silicio policristallino è quello di fusione a zone.

Sottocampo fotovoltaico: le parti del campo fotovoltaico che si connettono in maniera distinta

Stringa: Collegamento in serie di più pannelli.

Superficie di apertura: Superficie vetrata di un pannello attraverso la quale viene captato l'irraggiamento solare. La superficie di apertura è la grandezza di riferimento per il grado di efficienza secondo le norme DIN 4757 e EN 12975.

Sviluppo sostenibile: Lo sviluppo sostenibile è una forma di sviluppo (che comprende lo sviluppo economico, delle città, delle comunità eccetera) che non compromette la possibilità delle future generazioni di perdurare nello sviluppo preservando la qualità e la quantità del patrimonio e delle risorse naturali (che sono esauribili). L'obiettivo è di mantenere uno sviluppo economico compatibile con l'equità sociale e gli ecosistemi, operante quindi in regime di equilibrio ambientale.

Tensione: Differenza di potenziale fra due punti, per es. fra i due poli di una batteria. La tensione (U) è la causa della corrente elettrica (I): entrambe le grandezze sono connesse fra loro dalla resistenza (R) di un conduttore come enunciato dalla legge di Ohm ($U = R * I$). L'unità di misura della tensione elettrica è il volt (abbr. V).

Tensione a vuoto (Abbr. Vca): Tensione elettrica di una cella solare o di un pannello quando entrambi i poli non sono collegati e quindi fra loro non circola corrente.

Termografia: un tipo di fotografia effettuata con uno speciale tipo di obiettivo capace di evidenziare con diversi tipi di colori le diverse temperature dell'area inquadrata.

Termosolare: Utilizzo dell'energia solare per la produzione diretta di calore. Il rispettivo convertitore di energia viene chiamato collettore o pannello solare termico.

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLODI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

Trigenerazione: cogenerazione in cui il calore è utilizzato sia per riscaldare che per raffreddare.

U: Il valore U (un tempo denominato valore k) è il **coefficiente di trasmissione termica** che indica quanto calore attraversa un metro quadrato di un elemento costruttivo per una differenza di temperatura tra interno e esterno pari a un grado (unità: W / m^2K , ossia Watt per metro quadrato e grado Kelvin). Un valore di U basso significa un minore passaggio di calore e un elevato potere termoisolante.

Volt: (Abbr. V): Unità di misura della tensione elettrica.

Wafer: Denominazione di una sottile fetta di materiale semiconduttore (per es. silicio). I wafer vengono utilizzati come materiale primario nella produzione di chip per computer e celle solari cristalline. I dischi cristallini vengono generalmente ricavate a partire da blocchi di semiconduttori ed hanno uno spessore compreso fra 0,2 e 0,3 millimetri.

Watt picco (Abbr. Wp): Unità di misura della capacità di potenza (potenza nominale) di celle solari e pannelli. I prezzi dei pannelli vengono comunemente espressi in Euro/Wp per permettere un confronto fra loro.

IPC MACCHIAREDDU SRL	PROGETTO IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 57.405 kWp - COMUNE DI MONREALE (PA)	
RSO6REL0010A0	CALCOLI DI PRODUCIBILITA' IMPIANTO	ID TERNA 202101865

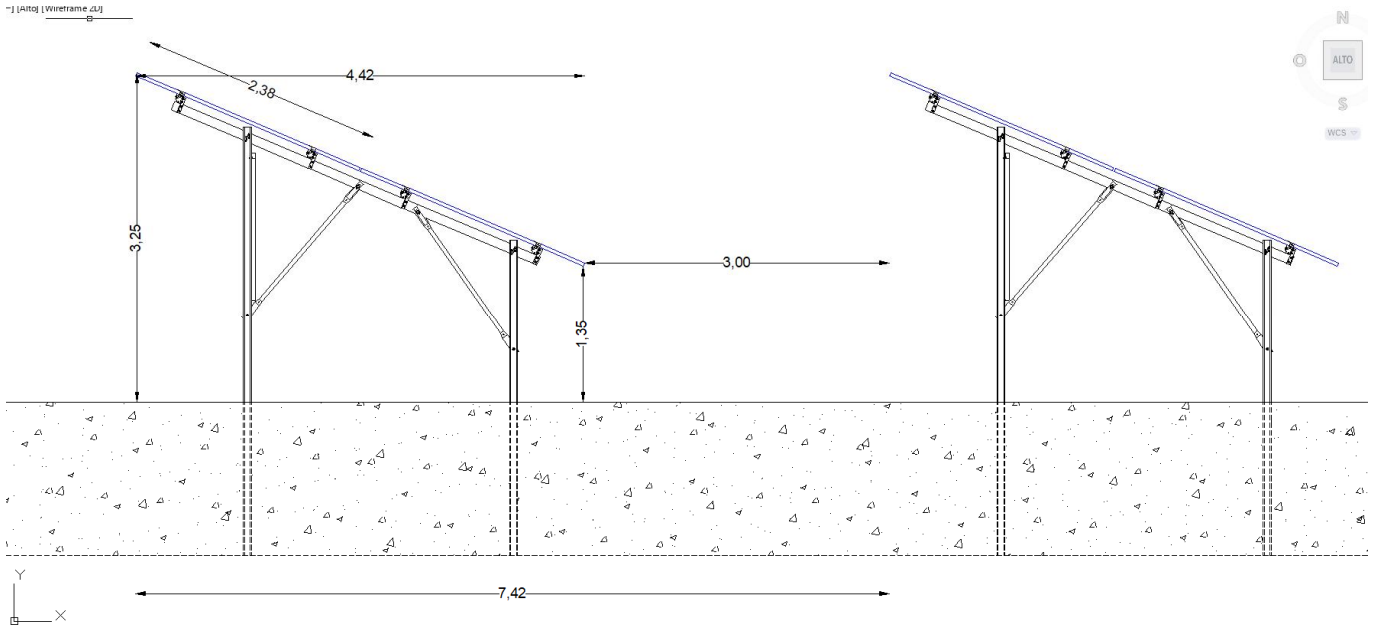
8.4 Verifica compatibilità

Impianto Fotovoltaico Verifica Elettrica

RISULTATI		
Pot. nominale [kWp]	57.405,60	57.405,60
	perdita % sistema	6,00%
	Potenz in immissione [kW]	53.961
	Moduli per stringa	28
	Numero Stringhe reali	3060
	Potenza di stringa [kWp]	18,760
	Numero Moduli Totali	85.680
	Numero Unità di potenza	18
	Potenza totale disponibile dalle UP kVA	58.500
	numero tot. ingressi disponibili per gli inverter nelle UP	288
	numero inverter =	288
18 UP accolgono ciascuno 16 inverter per un totale di 288 inverter		
0 UP accolgono ciascuno 17 Inverter per un totale di 0 inverter		
	inverter con 10 stringhe da 187,6 kW	108
	inverter con 11 stringhe da 206,36 kW	180
	inverter con stringhe da 0 kW	0
	numero totale ingressi disponibili inverter	4608
	0 stringhe su 0 inverter da stringhe = 0 kW	
	1980 stringhe su 180 inverter da 11 stringhe = 37144,8 kW	
	1080 stringhe su 108 inverter da 10 stringhe = 20260,8 kW	
Distribuzione stringhe per ogni inverter		
	numero inverter con stringhe	0
		0
	numero inverter con 11 stringhe	180
	n.	1980,00
	numero inverter con 10 stringhe	108,00
	n.	1080,00
	totale stringhe :	n. 3060,00
108 inverter con 10 stringhe +180 con 11 + 0 con = 288 inverter		
COMPATIBILITA' STRINGA INVERETR		
	V_{MPPmin} di stringa $>$ $U_{MPPTmin}$ di inverter	VERO
	956,725 > 500	
	V_{oMAX} di stringa $<$ $U_{MAXingr}$ inverter	VERO
	1409,835 < 1500	
	V_{MPPmax} di stringa $<$ $U_{MPPTmax}$ dell'inverter	VERO
	1172,325 < 1500	
$Voc(T) = Voc, stc - NS \cdot \beta \cdot (25 - T_{cel})$		

COSMOTECK _ 54 Verifica Elettrica monreale .item

8.5 Struttura Pannelli



Palermo 28/03/2023



Ing. Giuseppe Lo Presti