

Regione Siciliana



**COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA E ALIA**

CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "DSI4 CASTRONOVO" DELLA POTENZA DI PICCO DI 45.988 kWp E POTENZA DI IMMISSIONE 38.330 kW E DELLE RELATIVE OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI CASTRONOVO DI SICILIA (PA) ED ALIA (PA)



**RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTVOLTAICO**

|           |               |                                       |  |   |   |            |
|-----------|---------------|---------------------------------------|--|---|---|------------|
| SCALA:    | FORMATO:      | CODICE ELABORATO:<br>DSI 4 CASTRONOVO | DATA DI PRIMA EMISSIONE:<br>27/12/2022 | CODICE IDENTIFICATIVO TERNA:<br>202101692       | REVISIONE:                              | REDATTO:   |
| PROT.:    | FOGLIO:       |                                       | DATA DI SECONDA EMISSIONE:             | CODICE IDENTIFICATIVO DSI4:<br>DSI 4 CASTRONOVO | DESCRIZIONE                             | ESEGUITO:  |
| FILE DWG: | ID ELABORATO: | <b>RS06REL0003A0</b>                  |  |   | LIVELLO DI PROGETTAZIONE:<br>DEFINITIVO | REVISIONE: |

I PROGETTISTI

|                                    |                                    |  |  |
|------------------------------------|------------------------------------|--|--|
| <br><b>Ing. Giuseppe Lo Presti</b> | <br><b>Arch. Calogero Morreale</b> |  |  |
|                                    |                                    |  |  |

COMMITTENTE

SVI LUPPATORE

DS ITALIA 4 srl  
Sede legale VIA DEL PLEBISCITO 112  
Roma (RM) CAP 000186  
CF/P. IVA: 15946501002  
Legale rappresentante  
Antonio Macías Toscano

FABROEN srl  
Sede legale Via Brunetto Latini n. 11  
Palermo (PA) CAP 90141  
CF/P. IVA 05052720827  
Legale rappresentante  
Avv. Fabrizio Romeo

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

## Sommario

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Generalità</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>2. Premessa</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>3. Localizzazione</b> .....                                     | <b>4</b>  |
| <b>4. Definizioni:</b> .....                                       | <b>6</b>  |
| 4.1 <i>Funzionamento della cella fotovoltaica</i> .....            | 7         |
| 4.2 <i>Moduli</i> .....  | 8         |
| 4.3 <i>La stringa</i> .....  | 11        |
| 4.4 <i>Il pannello</i> .....                                       | 11        |
| 4.5 <i>Inverter</i> .....  | 11        |
| 4.6 <i>Le strutture</i> .....                                      | 12        |
| 4.7 <i>Campo fotovoltaico</i> .....                                | 12        |
| 4.8 <i>Unità di Potenza (UP)</i> .....                             | 13        |
| <b>5. Schema di Rete</b> .....                                     | <b>15</b> |
| 5.1 <i>Criterio di verifica elettrica</i> .....                    | 15        |
| 5.2 <i>Rete Elettrica</i> .....                                    | 16        |
| 5.3 <i>Flow chart Rete Elettrica</i> .....                         | 17        |
| 5.4 <i>Stazione AT</i> .....                                       | 17        |
| <b>6. APPENDICE</b> .....  | <b>19</b> |
| 6.1 <i>Verifica Elettrica</i> .....                                | 19        |
| 6.2 <i>Dati Tecnici del modulo fotovoltaico</i> .....              | 27        |
| 6.3 <i>Dati Tecnici dell'Inverter 215 KVA</i> .....                | 28        |
| 6.4 <i>Dati Tecnici dell'Unità di Potenza (UP) 3.250 kVA</i> ..... | 29        |
| 6.5 <i>Schema unifilare della UP</i> .....                         | 30        |
| 6.6 <i>Struttura Pannelli</i> .....                                | 31        |

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

## 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 CO<sub>2</sub> 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.

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

## 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 **45.988 kWp**, pari alla somma delle potenze elettrica di picco nominali dei singoli moduli fotovoltaici installati, di cui 38.330 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.

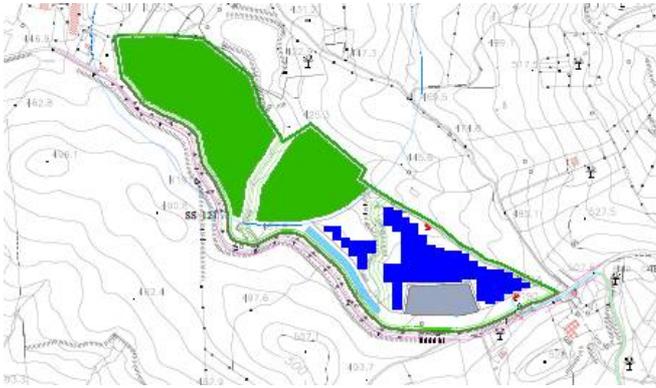
Il sito, ove è prevista la realizzazione dell'impianto agrivoltaico, è relativo ad un'area attualmente utilizzata ai fini agricoli avente estensione di circa 107 *ha*.

## 3. Localizzazione

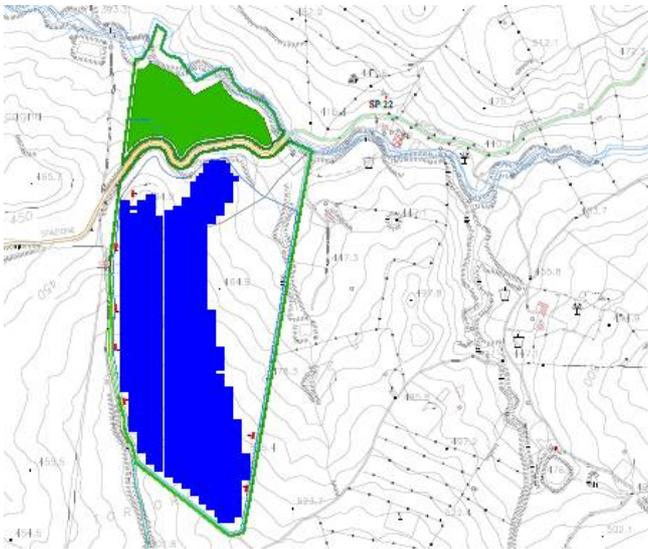
Il sito individuato per la progettazione degli impianti ricade nel territorio del Comune di Castronovo di Sicilia (PA) e di Alia (PA) in località c. da Tortoresi per una estensione totale lorda di 107 *ha*. L'area di studio si trova ad un'altitudine tra i 400 e i 500 mt s.l.m. - presenta una pendenza 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 tre aree di forma irregolare, le cui coordinate sono quelle indicate nelle seguenti immagini

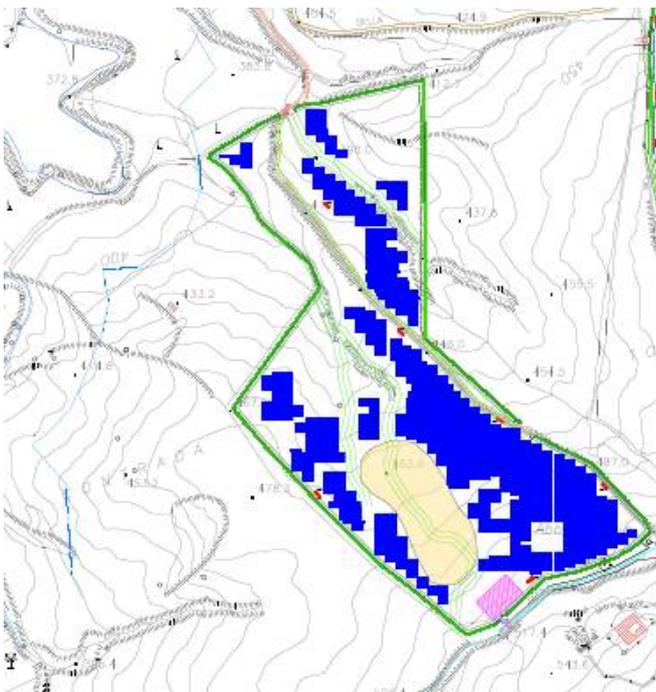
|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | fabroen            |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |



*Area 1: Lat. 37°46'29.23"N Lon. 13°41'15.98"E*



*Area 2: Lat 37°45'29.32"N Lon 37°45'59.88"N*



*Area 3: Lat. 37°45'49.20"N Lon. 13°40'54.14"E*

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

#### 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.

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

**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 m<sup>2</sup>) 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.

#### 4.1 Funzionamento della cella fotovoltaica

L'elemento che sta alla base della tecnologia fotovoltaica è la cella, costituita da un materiale semiconduttore al silicio.

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

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

strato di materiale semiconduttore compreso tra 0,2 e 0,35 mm, generalmente silicio opportunamente drogata.

Il parametro più significativo della cella è il suo rendimento  $\eta$  che rappresenta il rapporto tra la massima potenza  $P_{max}$  [Wp] che si ottiene dalla cella e la potenza totale della radiazione incidente sulla superficie frontale; il livello del rendimento diminuisce all'aumentare della temperatura delle celle poiché la temperatura ostacola il passaggio degli elettroni nel semiconduttore.

Le celle solari da sola produce energia elementare (circa 5 watt) per cui, per raggiungere un valore di potenza elettrica significativa, le celle vengono collegate in serie – formando la consistenza del modulo - fino a raggiungere la potenza nominale:

Il modulo che verrà utilizzato possiede 132 celle per raggiungere la potenza di 670 watt alla tensione di 38,5 volt alle condizioni standard di irraggiamento di 1000 watt/mq alla temperatura di 25 °C, (secondo la norma CEI EN 60904-3 (**Standard Test Condition**), in tali condizioni .

#### 4.2 Moduli

Elemento base degli impianti è il modulo costituito da celle fotovoltaiche collegate elettricamente e incapsulate al fine di garantire protezione dagli agenti atmosferici, isolamento elettrico, supporto strutturale delle celle , protezione meccanica.

Fra le caratteristiche dell'incapsulante si evidenzia l'importanza della stabilità ai raggi ultravioletti, la tolleranza alle temperature, la capacità di smaltire il calore.

Il modulo previsto è al silicio cristallino (m-Si, p-Si) le cui caratteristiche sono riportate nel data-sheet appendice; essi assicurano alti valori di efficienza e una vita utile affidabile all'incirca 30 con (valore non inferiore al 80 % della potenza iniziale).

Il modulo previsto è del tipo bifacciale con possibile incremento della potenza nominale fino al 10% in relazione all'ambiente circostante.

Dal punto di vista elettrico esso è in grado di sopportare una tensione di lavoro fino a 1.500 volt e sono accessoriati con cassetta di terminazione con grado di protezione IP65, con terminali elettrici di uscita con polarità opportunamente contrassegnate, e con pressacavi per il cablaggio delle stringhe.

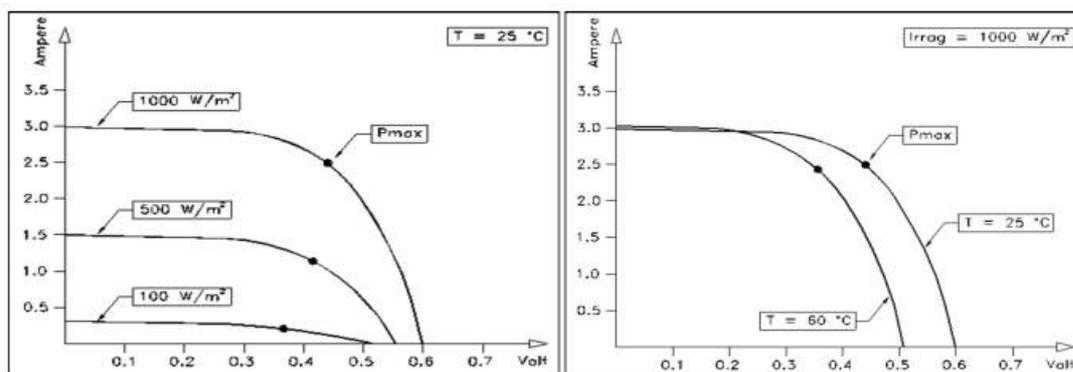
La cornice è in alluminio e fa anche da bordo al vetro di protezione.

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

Non tutta la radiazione solare incidente però contribuisce all'effetto fotovoltaico, solo i fotoni dotati di sufficiente energia sono quelli che contribuiscono alla inizializzazione 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" che consiste nella eliminazione dello spazio tra celle, eliminando anche lo spazio con la sbarra colletttrice. Ciò riduce le perdite di resistenza e aumenta la potenza e l'efficienza (oltre il 2%). La potenza, dei moduli che saranno installati nel progetto sono del tipo bifacciale della potenza 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  $W/m^2$ .



**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**

La potenza massima erogabile in condizioni di illuminazione e temperatura specificate viene misurata in watt nominali o di picco (Wp). Si è convenuto internazionalmente di stabilire come

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

condizioni di riferimento una temperatura della giunzione di 25°C e un irraggiamento di 1000 W/m<sup>2</sup>.

L'efficienza di una cella fotovoltaica risulta dal rapporto tra la potenza massima da essa erogata (P<sub>max</sub>) 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 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.

Per meglio definire la potenza nominale del modulo, si fa uso della relazione

$$P_{FV} = \eta_{modulo} \times A_{FV} \times I_{rrad}$$

dove

*P<sub>FV</sub>* esprime la potenza nominale [watt di picco]

*η<sub>modulo</sub>* esprime l'efficienza nominale del singolo modulo

*A<sub>FV</sub>* esprime l'area occupata dall'insieme delle celle del modulo [m<sup>2</sup>]

*I<sub>rrad</sub>* rappresenta l'irradianza nelle condizioni standard di riferimento, pari a 1 kWatt/m<sup>2</sup>.

la somma del valore della singola potenza costituisce la potenza nominale dell'intero impianto che si interfaccia con la rete elettrica di distribuzione.

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

### 4.3 *La stringa*

Per quanto detto la potenza della stringa è la somma di ogni singolo modulo; la tensione in uscita dal circuito elettrico stringa è la somma delle tensioni generate da ogni singolo modulo. La corrente nel circuito stringa assume il valore della corrente generata dal singolo modulo.

Le stringhe sono costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici, tutti della stessa classe di corrente al fine di minimizzare le perdite per mismatch. Il numero di moduli da collegare in serie è di 30, il cui numero è stato definito dal valore della tensione a vuoto del modulo, quindi della intera stringa, che dovrà essere compatibile con la tensione di ingresso dell'inverter.

### 4.4 *Il pannello*

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

### 4.5 *Inverter*

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.

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

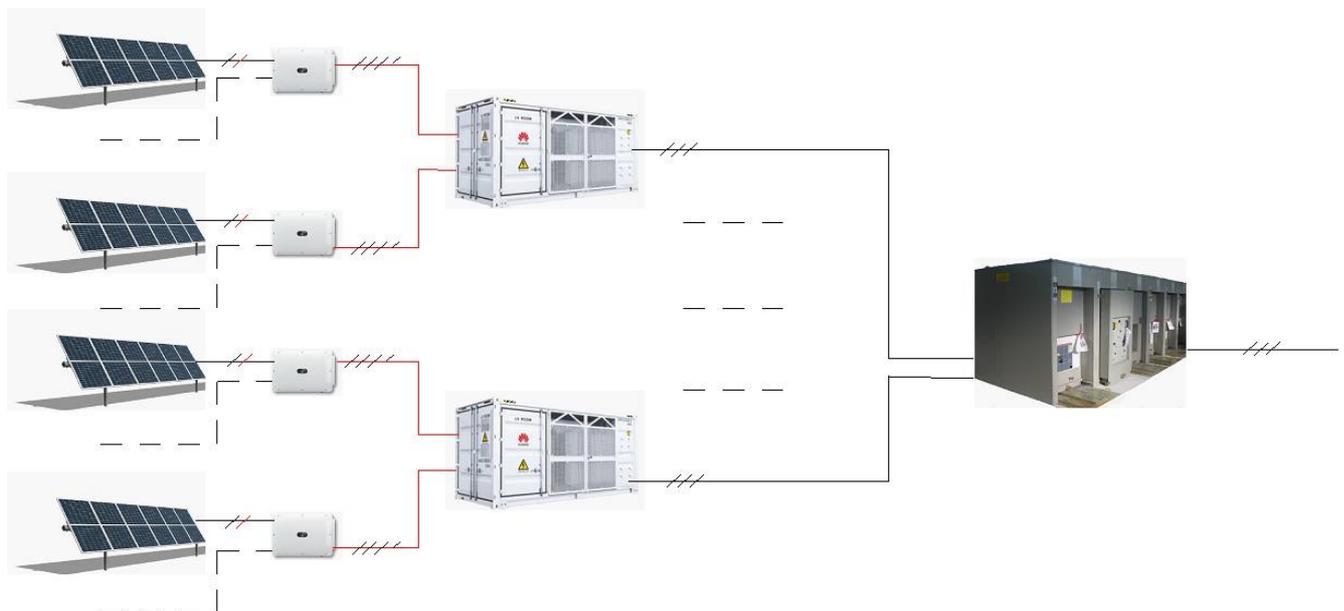
#### 4.6 Le strutture

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.

In fase esecutiva la struttura verrà verificata con il metodo degli stati limite, secondo quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni NTC DM 28 gennaio 2008 e successiva Circolare 02.02.2009 n.617 .

La geometria è indicata in Appendice.

#### 4.7 Campo fotovoltaico



Schema di principio del campo fotovoltaico (stringhe-inverter-trasformazione e protezioni-scomparti AT)

Il campo fotovoltaico è un insieme di stringhe assiemate e collegate in modo da realizzare le condizioni operative desiderate.

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.

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

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° (scelta effettuata correlata alla 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.

#### 4.8 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.

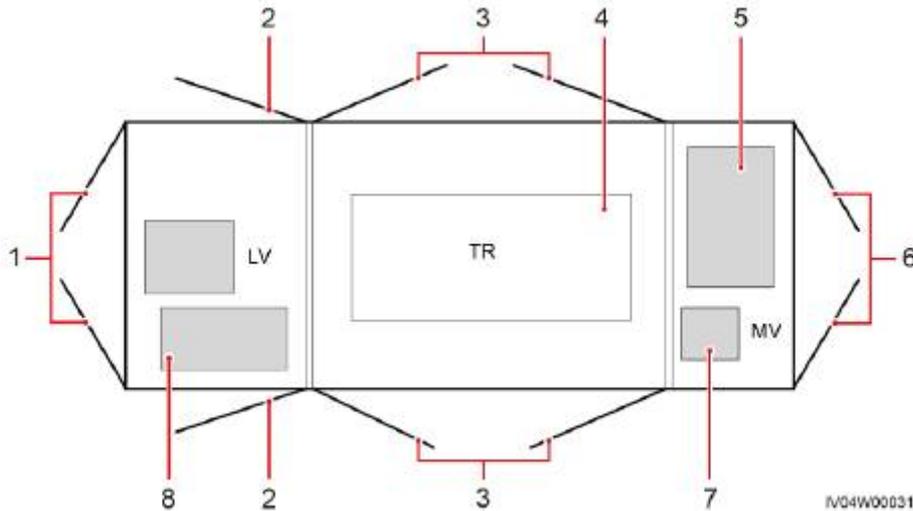
L'Unità di Potenza è una cabina del tipo preassemblata, costruita con pannelli in lamiera sandwich e fondazioni integrate in cemento armato vibrato, contenente il trasformatore di distribuzione ad alta efficienza da 3,250 kVA 0,800/36 kV, 2482 A.

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.

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

- La zona trasformatore con la macchina da 3250 KVA Dy11 uscita a 36 kV.



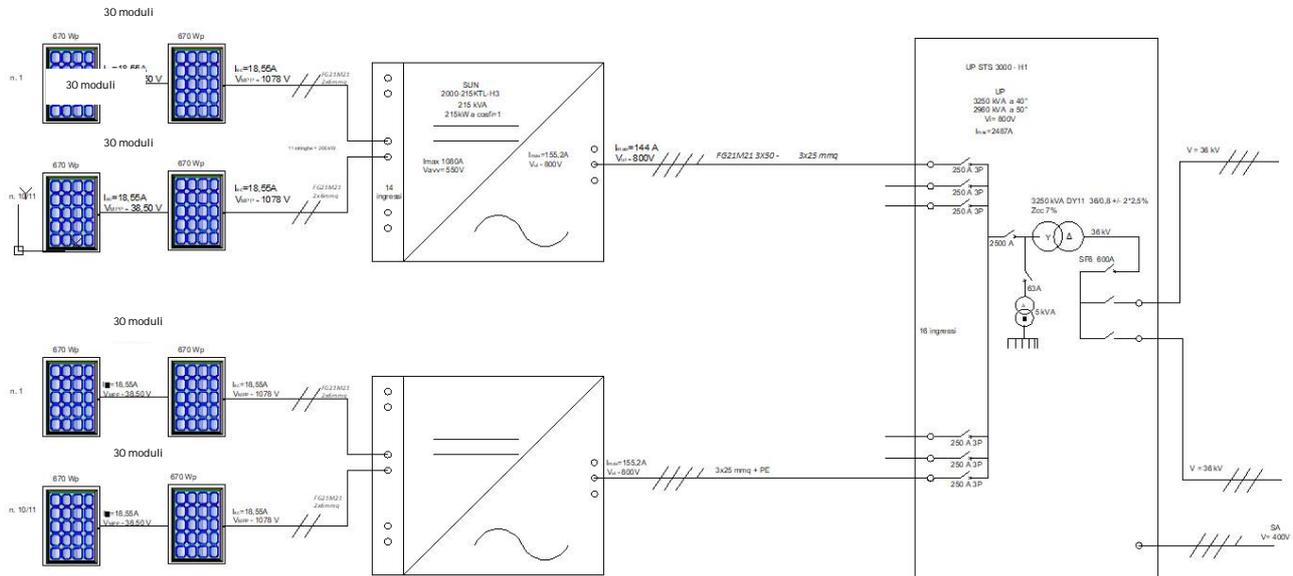
Nella zona BT sono presenti i quadri dei servizi ausiliari per alimentare i servizi di cabina e anche i servizi di BT del campo derivati da un trasformatore dedicato, della potenza di 5 kVA, che alimenta la rete di distribuzione BT interna al campo; in caso di necessità può essere richiesta, ad e-Distribuzione,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

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



Lo schema raffigurato è quello inerente alla rete di uno dei 15 campi.

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

In particolare in 10 UP si attesteranno 15 inverter e in 5 UP si attesteranno 16 inverter

In ogni inverter si attestano le stringhe di 30 moduli nelle seguenti quantità

- 218 inverter accoglieranno 10 stringhe, per un totale di 2180 stringhe;
- 12 inverter accoglieranno 9 stringhe, per un totale di 108 stringhe;

Il collegamento tra moduli sarà fatto con cavi da 2x4 mm<sup>2</sup> in corrente continua alla tensione di 46,3. volt (condizioni di picco)

Il collegamento tra stringa e inverter sarà fatto con cavo da 4x16 mm<sup>2</sup> in corrente alternata (oppure 4x35 mm<sup>2</sup> in funzione della distanza tra inverter e UP) alla tensione 1155 volt (condizioni di picco).

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

### 5.1 Criterio di verifica elettrica

In corrispondenza dei valori minimi e massimi della temperatura di lavoro delle celle fotovoltaiche (normalmente -10° e +70°C) impostati in - 6°C e +70 °C i quali rappresentano i

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

valori estremi della finestra della tensione utile di funzionamento sia alla massima potenza sia al rispetto delle tensioni nominali a cui sono sottoposti gli inverter.

In particolare, riferiti agli inverter:

la tensione a + 70 °C. ai capi della stringa di 30 moduli, è maggiore della tensione minima (MPPT);

- La massima tensione [valutata alla temperatura che si porta la cella a - 6 °C], ai capi della stringa di 30 moduli, è minore della tensione massima (MPPT);
- la massima tensione a circuito aperto [ -6°C] ai capi della stringa di 30 moduli, è minore della tensione di ingresso nominale dell'inverter;
- la tensione massima a circuito aperto a -6°C, del modulo è minore della tensione massima del sistema;
- la corrente massima generata in cto cito dalla stringa è minore della corrente massima di ingresso dell'inverter;
- numero totale degli inverter (230) sufficiente a garantire la sovraeccitazione del sistema (capability).

*In breve – di seguito- si rappresenta il grafico di compatibilità delle tensioni in gioco*

$$V_{oc}(T) = V_{oc,STC} - N_s * \beta * (25 - T_{cella})$$



*In appendice sono riportati i risultati delle verifiche analitiche*

## 5.2 Rete Elettrica

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

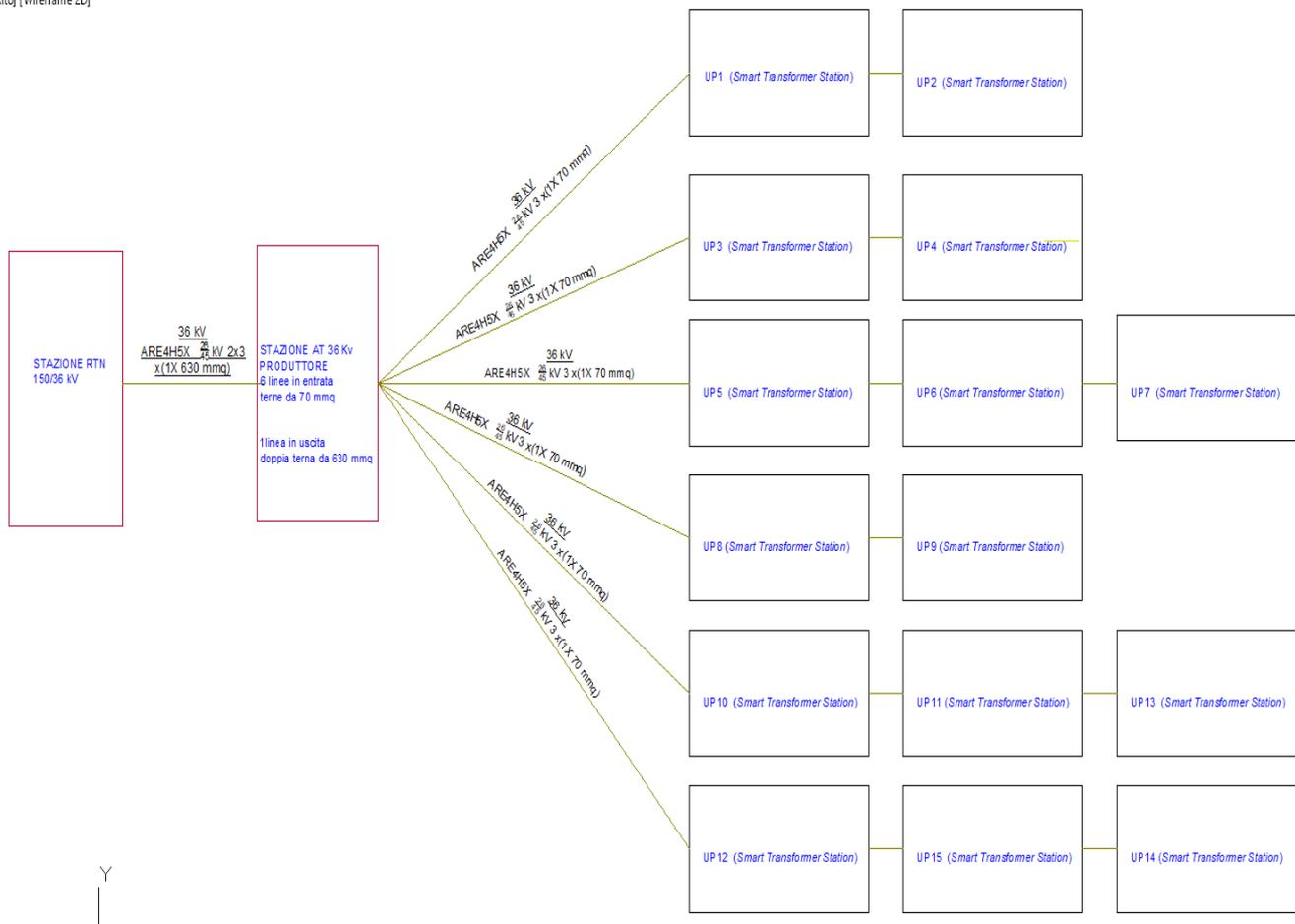
|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

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 RTN ubicata a circa 3200 metri.

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

### 5.3 Flow chart Rete Elettrica

[Altio] [Wireframe 2U]



Nella figura è rappresentata la rete elettrica con evidenziate le 15 UP.

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

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

Dai quadri AT si dipartono le 2 terne di cavi (36 kV ARE4H5X 26/45 kV 2x3 x (1x 630 mmq) Per la connessione alla RTN.

### 5.4 Stazione AT

La Stazione AT sarà realizzata su un piazzale di circa 3.000 m<sup>2</sup>.

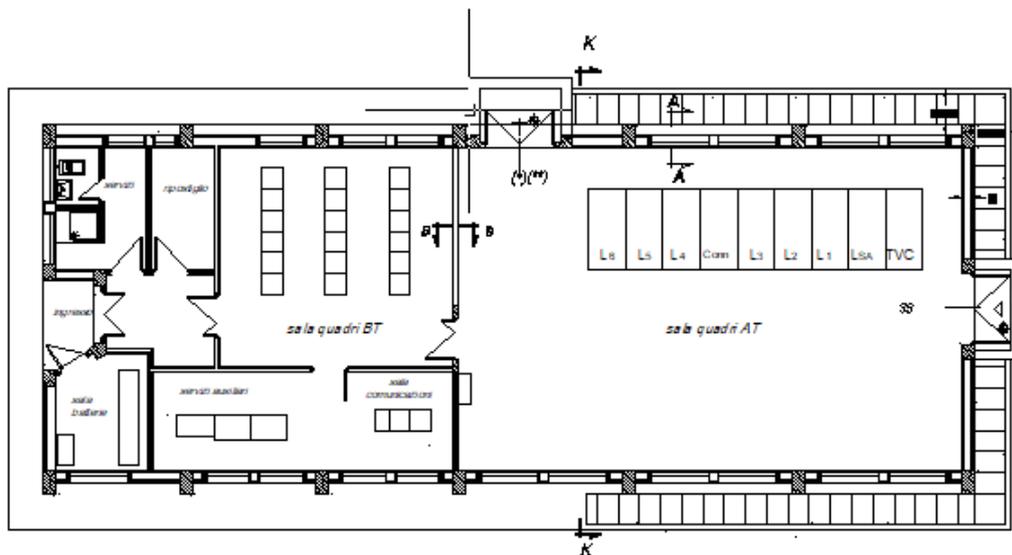
|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

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 9 scomparti AT per accogliere 7 cavi da 70 mm<sup>2</sup> provenienti dai 15 UP più uno scomparto di uscita dei 2 cavi da 630 mm<sup>2</sup> (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 100 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..).

Palermo 27/12/2022



*Ing. Giuseppe Lo Presti*

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

## 6. APPENDICE

### 6.1 *Verifica Elettrica*

Impianto Fotovoltaico Castronovo

| PV472 Castronovo  |                           | MODULI VERTEX 670 3284*1303*35 mm |         |
|---|---------------------------|-----------------------------------|---------|
| Potenza nominale del modulo   | Pmp                       | 670 W                             |         |
| Efficienza del modulo   | eff                       | 21,6% %                           |         |
| Tensione alla max potenza   | Vmpp                      | 38,50 V                           |         |
| Corrente alla mx potenza  | Imp                       | 17,43 A                           |         |
| Tensione a circuito aperto  | Voc                       | 46,30 V                           |         |
| Corrente di cto cto   | Isc                       | 18,55 A                           |         |
| Max Tensione sistema  | MxT                       | 1.500 V                           |         |
| T° max del modulo   | Tcell max                 | 70 °C                             |         |
| T° minima el modulo   | Tcell min                 | -6 °C                             |         |
| numero delle celle del modulo   | Ns                        | 132                               |         |
| $Voc(T) = Voc, stc - Ns \cdot \beta \cdot (25 - T_{cella}) - (guida CEI 82-25 II ed.)$  |                           |                                   |         |
| T° Riferimento del modulo ( STC )   | 25 °C                     |                                   |         |
| Coeff. di temperatura T° Isc % Cisc   | 0,04 %                    |                                   |         |
| Coefficiente di temperatura a T° Voc % Cvoc   | -0,25 %                   |                                   |         |
| Coefficiente di temperatura T° Pmax % Cpm   | -0,34 %                   |                                   |         |
| Coefficiente di temperatura T° Vmax % $\beta$   | -0,25 %                   |                                   |         |
| Corrente inversa  | Cinv                      | 35 A                              |         |
| V a vuoto max con T° minima -6  | Voc,max                   | 49,89 V                           |         |
| Tensione MPPmax con T° min -6   | V <sub>MPPmin</sub>       | 41,48 V                           |         |
| Tensione MPP min. con T°max pari a 70   | V <sub>MPPmax</sub>       | 34,17 V                           |         |
| Temperatura STC di riferimento 25°  | V <sub>STC</sub>          | V <sub>STC</sub>                  | V       |
| Valore cautelativo parametro  | V <sub>oct</sub>          | 5%                                | 48,62 V |
| Tensione max di riferimento   | V <sub>xrif</sub>         | 49,89 V                           |         |
| <b>STRINGA</b>  |                           |                                   |         |
|   | n moduli                  | Nstringa                          | 30      |
| Tensione MPP di stringa (in ingresso)   | V <sub>MPP</sub>          | 1155,00 V                         |         |
| Tensione di stringa in ingresso ammessa dall'inverter alla T° minima  | V <sub>MPPmin</sub>       | 1244,51 V                         |         |
| Corrente MPP ( in ingresso )  | I <sub>MPP</sub>          | 17,43 A                           |         |
| Corrente ctocto max   | I <sub>sc,max</sub>       | 23,19 A                           |         |
| Tensione a Vuoto max  | V <sub>omax</sub>         | 1496,65 V                         |         |
| Tensione MPP min  | V <sub>mppmin</sub>       | 1244,51 V                         |         |
| Tensione MPP min. con T°max pari a 70   | V <sub>MPPmax</sub>       | 1025,06 V                         |         |
| Tensione max  | 1,2 * V <sub>mppmax</sub> |                                   |         |
| Potenza di stringa  | Pstr                      | 20,100 kW                         |         |
| Nel periodo esaminato la temperatura minima assoluta ha toccato i -4,0 °C nel febbraio 1962 e nel gennaio 1966, mentre la massima assoluta ha raggiunto i +46,0 °C nel luglio 1962. |                           |                                   |         |

COSMOTECK \_ 50 Verifica Elettrica Castronovo.stm

| INVERTER dati di TARGA              |                      | Huawei Sun 215 |     |
|-------------------------------------|----------------------|----------------|-----|
| <b>Ingresso</b>                     |                      |                |     |
| Pnominale ingresso                  | Pri_i                | 215,0          | kW  |
| U funzionamento MPPT minima         | U <sub>MPPTmin</sub> | 500            | V   |
| U funzionamento MPPT massima        | U <sub>MPPTmax</sub> | 1.500          | V   |
| U max ammessa sopportabile          | U <sub>MAX</sub>     | 1.500          | V   |
| Vmax sistema                        | UxT                  | 1.500          | V   |
| Imax cc MPPT ingresso per ogni MPPT | IxMp                 | 100            | A   |
| Imax ctocto ingresso                | Ixcx                 | -              | A   |
| tensione di avviamento              | Uavv                 | 550            | V   |
| N. ingressi disponibili             | Ningr                | 14             |     |
| U standard, a T° max                | U <sub>min</sub>     | 1080           | V   |
| U standard, a T° minima             | U <sub>smax</sub>    | 1500,0         | V   |
| U a vuoto , a T° minima             | Uoc <sub>max</sub>   | 1496,65        | V   |
| <b>Uscita</b>                       |                      |                |     |
| P uscita c.a                        | Wusc                 | 200            | kW  |
| P uscita c.a                        | Vausc                | 215            | kVA |
| V c.a trifase                       | Uca                  | 800            | V   |
| Corrente nominale c.a               | Ica                  | 144,40         | A   |
| Imax Corrente c.a                   | Ixca                 | 155,2          | A   |
| f                                   | f                    | 50             | Hz  |
| fatt pot                            | cosf                 | 1,00           |     |
| Rend EU                             | ne                   | 98,6%          |     |
| Rend max                            | nx                   | 99,0%          |     |
| <b>Unità di potenza (UP)</b>        |                      |                |     |
| Potenza AC a 40°                    | Pup40                | 3.250          | KVA |
| Potenza AC a 50°                    | Pup50                | 2.960          | KVA |
| Num ingressi inverter               | NiUP                 | 16             |     |
| Tensione max in ingresso            | VxUP                 | 800            | V   |
|                                     |                      | 2.482,7        | A   |
| Tensione in uscita                  | VusUP                | 36             | kV  |
| Tensione Serv-Aux                   | Vsa                  | 400            | V   |
| <b>Ridefinizione n moduli</b>       |                      |                |     |
| Numero Moduli teorici               |                      | 68.640         |     |
| Numero Moduli effettivi             |                      | 68.640         |     |
| Potenza totale =                    |                      | 45.988         | kWp |

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | fabroen            |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

| <b>RISULTATI</b>   |  |            |
|--|--|------------|
| Pot. nominale [kWp]  | 45.988,80  | 45.988,80  |
|  | perdita % sistema  | 16,65%     |
|  | Potenz in immissione [kW]                                  | 38.332     |
|  | Moduli per stringa   | 30         |
|  | Numero Stringhe reali                                      | 2288       |
|  | Potenza di stringa [kWp]                                   | 20,100     |
|  | Numero Unità di potenza                                    | 15         |
|  | Potenza totale disponibile dalle UP kVA                    | 48.750     |
|  | numero tot. ingressi disponibili per gli inverter nelle UP | 240        |
|  | numero inverter =  | 230        |
| 10 UP accolgono ciascuno 15 inverter per un totale di 150 inverter<br>5 UP accolgono ciascuno 16 inverter per un totale di 80 inverter |  |            |
|  | inverter con 9 stringhe da 180,9 kW                        | 12         |
|  | inverter con 10 stringhe da 201 kW                         | 218        |
|  | numero totale ingressi disponibili inverter                | 3680       |
|  | 2180 stringhe su 218 inverter da 10 stringhe = 43818 kW    |            |
|  | 108 stringhe su 12 inverter da 9 stringhe = 2170,8 kW      |            |
| <b>Distribuzione stringhe per ogni inverter</b>  |  |            |
|  | numero inverter con 10 stringhe                            | 218        |
|  | n.   | 2180,00    |
|  | numero inverter con 9 stringhe                             | 12,00      |
|  | n.   | 108,00     |
|  | totale stringhe :  | n. 2288,00 |
| <b>12 inverter con 9 stringhe +218 inverter con 10 stringhe = 2288 stringhe</b>  |  |            |
| <b>COMPATIBILITA' STRINGA INVERETR</b>   |  |            |
| $V_{MPPmin}$ di stringa > $U_{MPPTmin}$ di inverter  |  | VERO       |
| 1025,0625 > 500  |  |            |
| $V_{oMAX}$ di stringa < $U_{MAXingr}$ inverter   |  | VERO       |
| 1496,6475 < 1500   |  |            |
| $V_{MPPmax}$ di stringa < $U_{MPPTmax}$ dell'inverter  |  | VERO       |
| 1244,5125 < 1500   |  |            |
| $Voc(T) = Voc, stc - NS \cdot \beta \cdot (25 - T_{cel})$  |  |            |

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

| Capability al PdC [CALCOLO APPROSSIMATO]  |   |                              |             |
|---|---|------------------------------|-------------|
| nel Punto di Connessione Ppc  | Pnd   |                              | 38,332 MW   |
| P Trasformatore /AT   | $S_{n\_AT}$   |                              | 3,25 MVA    |
| Impedenza di ctocto lato AT   | $Z_{cc\_AT}$  |                              | 7%          |
| P Trasform. equivalente MT  | $S_{n\_MT}$   |                              | MVA         |
| Impedenza di ctocto MT  | $Z_{cc\_MT}$  |                              |             |
| Perdite AT  | $\Delta P_{AT}$                                       | 0,383                        | 1,0% %      |
| Perdite MT  | $\Delta P_{MT}$                                       | -                            | %           |
| Pattiva AT  | $\Delta P_{AT} + Pnd$                                 |                              | 38,715 MW   |
| Perdite BT  | $\Delta P_{BT}$                                       | 0,383                        | 1,0% %      |
| Pattiva BT  | $Pnd + \Delta P_{AT} + \Delta P_{MT} + \Delta P_{BT}$ |                              | 39,098 MW   |
| Capability al PdC   | $Q_{max\_Sovraeccitato}$                              |                              | 0,30        |
| Capability al PdC   | $Q_{max\_Sottoeccitato}$                              |                              | 0,35        |
| Q_sottoeccitata   | $Q_{max\_Sovra}$                                      |                              | 11,499 MVAR |
| Q_sovraeccitata   | $Q_{max\_Sotto}$                                      |                              | 13,42 MVAR  |
| Perdite del Trasformatore   | $\Delta QT_{AT}$                                      | $S_{n\_AT} \cdot Z_{cc\_AT}$ | 0,23 MVAR   |
| Potenza attiva MT   |   |                              | 0,0%        |
| Pot. reatt.MT sovraeccitaz.   | $\Delta Q_{AT} \cdot Pnd$                             |                              | 11,73       |
| Pot. reatt.MT sottoeccitaz.   | $\Delta Q_{AT} \cdot Pnd$                             |                              | 11,27       |
| Q reatt. Sottoeccitazione   | $Q_{Sotto} - \Delta Q_{TAT}$                          |                              | 11,27 MVAR  |
| Q reatt. Sovraeccitazione   | $Q_{Sovra} + \Delta Q_{TAT}$                          |                              | 13,64 MVAR  |
| Regime di sovraeccitazione  |   |                              |             |
| Pattiva BT/Q reatt. Sovraeccitazione  | tang $\varphi$  |                              | 0,349       |
|   | Cos $\varphi$   |                              | 0,944       |
|   | Smax inverter   |                              | 215,00 KVA  |
|   | Pmax erogabile dall'inverter in sovraeccitazione      |                              | 203,00 KW   |
| num. teorico degli inverter necessari per garantire la potenza attiva in sovraeccitazione |   | 188,83                       | <b>OK</b>   |
| NUMERO INVERTER   |   | 230                          |             |
| <b>188 &lt; 230 OK</b>  |   |                              |             |
| <b>12 inverter con 9 stringhe +218 inverter con 10 stringhe = 2288 stringhe</b>           |   |                              |             |

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

| <b>RISULTATI AREA 1</b>  |              |
|--|--------------|
| Pot. nominale [kWp]  | 4.401,90     |
| perdita % sistema  | 16,65%       |
| Potenz in immissione [kW]  | 3.669        |
| Moduli per stringa   | 30           |
| Numero Stringhe reali  | 219          |
| Potenza di stringa [kWp]   | 20,100       |
| numero moduli  | 54096        |
| Numero Unità di potenza  | 2            |
| Potenza totale disponibile dalle UP kVA                                      | 6.500        |
| numero tot. ingressi disponibili per gli inverter nelle UP                   | 32           |
| numero inverter =  | 22           |
| 2 UP accolgono ciascuno 11 inverter per un totale di 22 inverter             |              |
| 0 UP accolgono ciascuno 12 Inverter per un totale di 0 inverter              |              |
| inverter con 9 stringhe da 180,9 kW  | 1            |
| inverter con 10 stringhe da 201 kW   | 21           |
| numero totale ingressi disponibili inverter                                  | 352          |
| 210 stringhe su 21 inverter da 10 stringhe = 4221 kW                         |              |
| 9 stringhe su 1 inverter da 9 stringhe = 180,9 kW                            |              |
| <b>Numero Moduli</b>   | <b>6.570</b> |
| <b>Distribuzione stringhe per ogni inverter</b>                              |              |
| numero inverter con 10 stringhe  | 21           |
| n.   | 210,00       |
| numero inverter con 9 stringhe   | 1,00         |
| n.   | 9,00         |
| Numero totale stringhe :   | n. 219,00    |
| <b>1 inverter con 9 stringhe +21 inverter con 10 stringhe = 219 stringhe</b> |              |
| <b>COMPATIBILITA' STRINGA INVERETR</b>                                       |              |
| $V_{MPPmin}$ di stringa $>$ $U_{MPPTmin}$ di inverter                        | <b>VERO</b>  |
| <b>1025,0625 &gt; 500</b>  |              |
| $V_{oMAX}$ di stringa $<$ $U_{MAXingr}$ inverter                             | <b>VERO</b>  |
| <b>1496,6475 &lt; 1500</b>   |              |
| $V_{MPPmax}$ di stringa $<$ $U_{MPPTmax}$ dell'inverter                      | <b>VERO</b>  |
| <b>1244,5125 &lt; 1500</b>   |              |
| <b><math>Voc(T) = Voc, stc - NS \cdot \beta \cdot (25 - T_{cel})</math></b>  |              |

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | fabroen            |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

| <b>RISULTATI AREA 2</b>   |           |             |
|---|-----------|-------------|
| Pot. nominale [kWp]   | 22.954,20 | 22.954,20   |
| perdita % sistema   |           | 16,65%      |
| Potenz in immissione [kW]   |           | 19.132      |
| Moduli per stringa  |           | 30          |
| Numero Stringhe reali   |           | 1142        |
| Potenza di stringa [kWp]  |           | 20,100      |
| Numero Moduli   |           | 34076       |
| Numero Unità di potenza   |           | 7           |
| Potenza totale disponibile dalle UP kVA   |           | 22.750      |
| numero tot. ingressi disponibili per gli inverter nelle UP                      |           | 112         |
| numero inverter =   |           | 112         |
| 7 UP accolgono ciascuno 16 inverter per un totale di 112 inverter               |           |             |
| 0 UP accolgono ciascuno 17 inverter per un totale di 0 inverter                 |           |             |
| inverter con 10 stringhe da 201 kW  |           | 90          |
| inverter con 11 stringhe da 221,1 kW  |           | 22          |
| numero totale ingressi disponibili inverter                                     |           | 1792        |
| 242 stringhe su 22 inverter da 11 stringhe = 4864,2 kW                          |           |             |
| 900 stringhe su 90 inverter da 10 stringhe = 18090 kW                           |           |             |
| Numero Moduli   |           | 34.260      |
| <b>Distribuzione stringhe per ogni inverter</b>                                 |           |             |
| numero inverter con 11 stringhe   |           | 22          |
| n.  |           | 242,00      |
| numero inverter con 10 stringhe   |           | 90,00       |
| n.  |           | 900,00      |
| stringhe :  |           | n. 1142,00  |
| <b>90 inverter con 10 stringhe +22 inverter con 11 stringhe = 1142 stringhe</b> |           |             |
| <b>COMPATIBILITA' STRINGA INVERETR</b>  |           |             |
| $V_{MPPmin}$ di stringa > $U_{MPPTmin}$ di inverter                             |           | <b>VERO</b> |
| <b>1025,0625 &gt; 500</b>   |           |             |
| $V_{oMAX}$ di stringa < $U_{MAXingr}$ inverter                                  |           | <b>VERO</b> |
| <b>1496,6475 &lt; 1500</b>  |           |             |
| $V_{MPPmax}$ di stringa < $U_{MPPTmax}$ dell'inverter                           |           | <b>VERO</b> |
| <b>1244,5125 &lt; 1500</b>  |           |             |
| $Voc(T) = Voc, stc - NS \cdot \beta \cdot (25 - T_{cel})$                       |           |             |

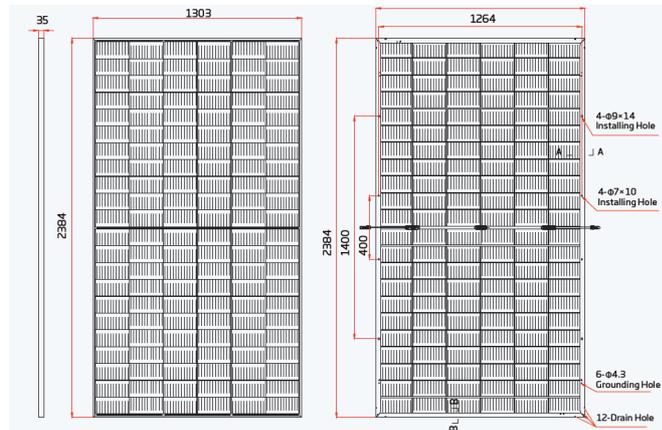
|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | fabroen            |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

| <b>RISULTATI AREA 3</b>   |  |           |
|---|--|-----------|
| Pot. nominale [kWp]   | 18.632,70  | 18.632,70 |
|   | perdita % sistema  | 16,65%    |
|   | Potenz in immissione [kW]                                  | 15.530    |
|   | Moduli per stringa   | 30        |
|   | Numero Stringhe reali                                      | 927       |
|   | Potenza di stringa [kWp]                                   | 20,100    |
|   | Numero Unità di potenza                                    | 6         |
|   | Potenza totale disponibile dalle UP kVA                    | 19.500    |
|   | numero tot. ingressi disponibili per gli inverter nelle UP | 96        |
|   | numero inverter =  | 96        |
| 6 UP accolgono ciascuno 16 inverter per un totale di 96 inverter              |  |           |
| 0 UP accolgono ciascuno 17 inverter per un totale di 0 inverter               |  |           |
|   | inverter con 9 stringhe da 180,9 kW                        | 33        |
|   | inverter con 10 stringhe da 201 kW                         | 63        |
|   | numero totale ingressi disponibili inverter                | 1536      |
|   | 630 stringhe su 63 inverter da 10 stringhe = 12663 kW      |           |
|   | 297 stringhe su 33 inverter da 9 stringhe = 5969,7 kW      |           |
|   | <b>Numero Moduli</b>                                       | 27.810    |
| <b>Distribuzione stringhe per ogni inverter</b>                               |  |           |
|   | numero inverter con 10 stringhe                            | 63,00     |
|   | n.   | 630,00    |
|   | numero inverter con 9 stringhe                             | 33,00     |
|   | n.   | 297,00    |
|   | stringhe :   | n. 927,00 |
| <b>33 inverter con 9 stringhe +63 inverter con 10 stringhe = 927 stringhe</b> |  |           |
| <b>COMPATIBILITA' STRINGA INVERETR</b>  |  |           |
|   | $V_{MPPmin}$ di stringa > $U_{MPPTmin}$ di inverter        | VERO      |
|   | <b>1025,0625 &gt; 500</b>                                  |           |
|   | $V_{oMAX}$ di stringa < $U_{MAXingr}$ inverter             | VERO      |
|   | <b>1496,6475 &lt; 1500</b>                                 |           |
|   | $V_{MPPmax}$ di stringa < $U_{MPPTmax}$ dell'inverter      | VERO      |
|   | <b>1244,5125 &lt; 1500</b>                                 |           |
| <b><math>Voc(T) = Voc, stc - NS \cdot \beta \cdot (25 - T_{cel})</math></b>   |  |           |

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

## 6.2 Dati Tecnici del modulo fotovoltaico

|                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)*    | <b>670</b>   |
| Power Tolerance- $P_{MAX}$ (W)       |              |
| Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V) | <b>38.5</b>  |
| Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A) | <b>17.43</b> |
| Open Circuit Voltage- $V_{oc}$ (V)   | <b>46.3</b>  |
| Short Circuit Current- $I_{sc}$ (A)  | <b>18.55</b> |
| Module Efficiency $\eta_m$ (%)       | <b>21.6</b>  |



|                      |  |
|----------------------|--|
| 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 <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ),<br>Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches)<br>Length can be customized |
| Connector            | MC4 EVO2 / TS4*  |

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

### 6.3 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                                |

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

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



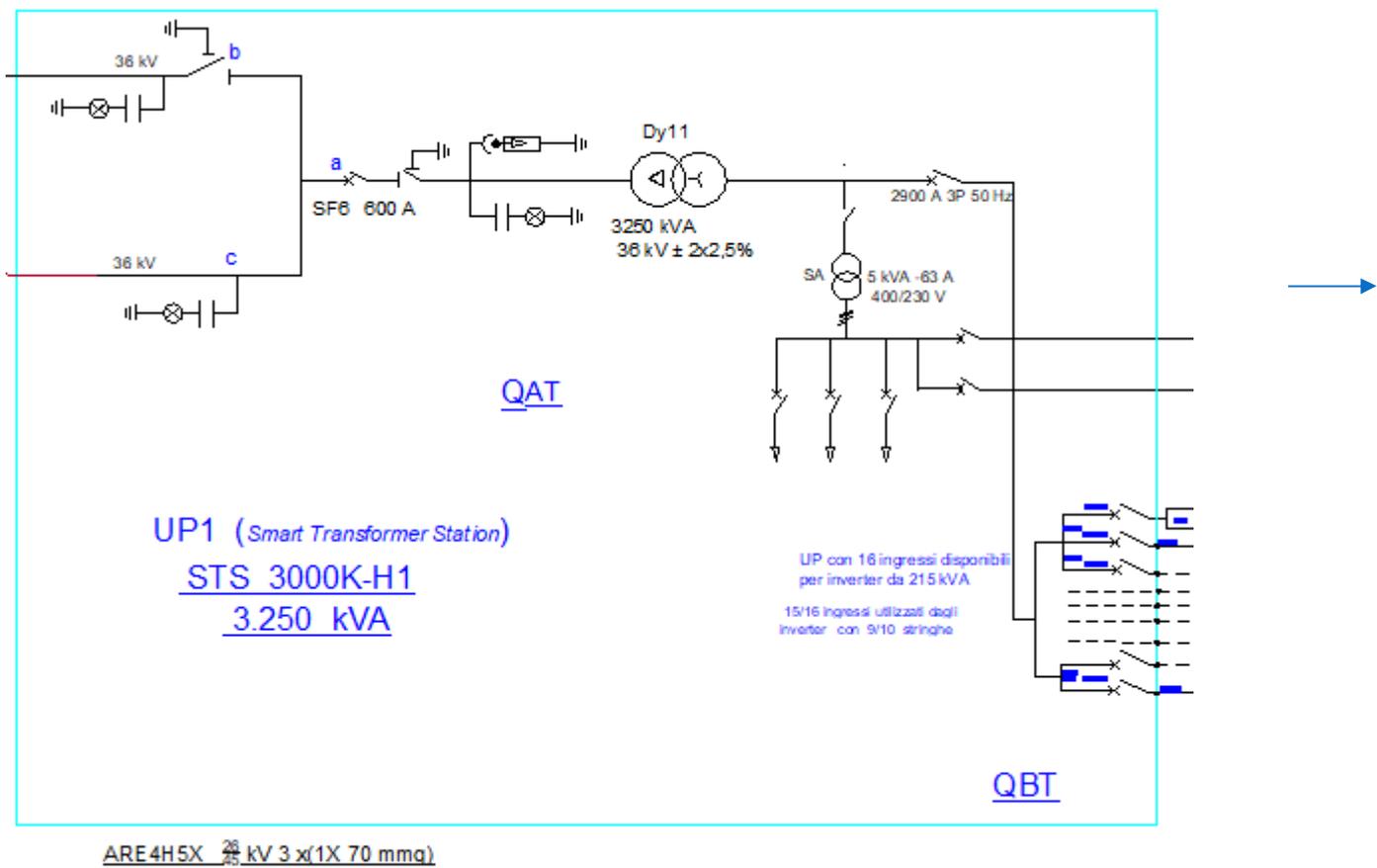
| Input                                    |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
| Available Inverters                      | SUN2000-200KTL-H2 / SUN2000-215KTL-H0  |                               |
| AC Power                                 | 3,250 kVA @40°C / 2,960 kVA @50°C <sup>1</sup>   |                               |
| 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 <sup>2</sup>   | 13.8 kV, 34.5 kV <sup>2</sup> |
| 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<br>1 Cable Unit with Load Breaker Switch<br>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 <sup>3</sup> (-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   |                               |

|                    |  |                    |
|--------------------|--|--------------------|
| <b>DS ITALIA 4</b> | CASTRONOVO - AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 45.988 kWp | <b>fabroen</b>     |
| Cod. RSO6REL0003A0 | RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | Id TERNA 202101692 |

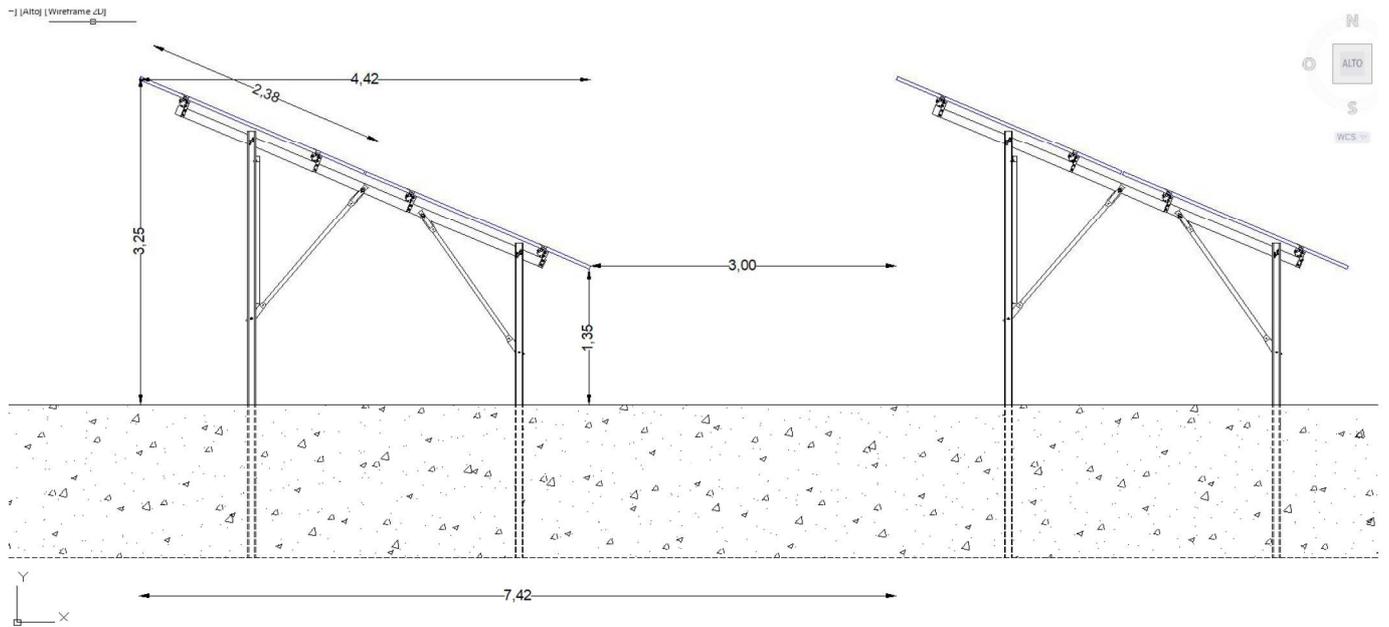
### 6.5 Schema unifilare della UP

Nello schema si notano: l'interruttore a protezione del trasformatore da 3.250 kVA, i 2 IMS per lo smistamento della UP, il trasformatore BT/AT, il trasformatore da 100 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.



### 6.6 *Struttura Pannelli*



*Handwritten signature/initials*