



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI FOGGIA  
 COMUNI DI FOGGIA E MANFREDONIA



PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN LOCALITA' "PEZZAGRANDE" AL FOGLIO N.161 P.LLA N. 2, E NEL COMUNE DI MANFREDONIA IN LOCALITA' "VACCHERECCIA DI GRECO" AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 17, 142, 498, 500 E 512, E IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 131 P.LLE NN.13, 206 E 207, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 128 ALLE P.LLE NN. 45, 79, 113 E 169 E AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 481, 485 E 486, AVENTE UNA POTENZA PARI A **30.038,68 kWp**, DENOMINATO "**MARTILLO**"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE  
 DEGLI ELEMENTI TECNICI DEL PROGETTO



**IMPIANTO  
 AGRIVOLTAICO  
 AVANZATO**

**LAOR**  
*(Land Area  
 Occupation Ratio)*  
**13,96%**

LIV. PROG.	RIF. COD. PRATICA TERNA	CODICE ISTANZA AU	TAVOLA	DATA	SCALA
PD	202200828	GWWF184	A.11	30.11.2023	-

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

ENTE

**FIVE-E**

RESPONSIBLE INVESTMENT

HF SOLAR 11 S.r.l. - Viale Francesco Scaduto n°2/D - 90144 Palermo (PA)

FIRMA RESPONSABILE

PROGETTAZIONE

**HORIZONFIRM**

Ing. D. Siracusa  
 Ing. A. Costantino  
 Ing. C. Chiaruzzi  
 Ing. G. Schillaci  
 Ing. G. Buffa  
 Ing. M.C. Musca

Arch. M. Gullo  
 Arch. A. Calandrino  
 Arch. S. Martorana  
 Arch. F. G. Mazzola  
 Arch. G. Vella  
 Dott. Agr. B. Miciluzzo

HORIZONFIRM S.r.l. - Viale Francesco Scaduto n°2/D - 90144 Palermo (PA)

PROFESSIONISTA INCARICATO

FIRMA DIGITALE PROGETTISTA



FIRMA OLOGRAFA E TIMBRO  
 PROFESSIONISTA

**Impianto di produzione di energia elettrica da fonte energetica  
rinnovabile attraverso tecnologia solare agrivoltaica  
denominato  
“MARTILLO”**

**Codice di Rintracciabilità “202200828”**

*Disciplinare descrittivo e prestazionale  
degli elementi tecnici*

*Potenza del generatore fotovoltaico = 30.038,68 kWp*

*Potenza nominale impianto = 30.000 kW*

*Potenza in immissione concessa = 30.000 kW*

## **Sommario**

<b>1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI</b> .....	2
<b>1.1 Generalità</b> .....	2
<b>1.2 Layout di impianto</b> .....	6
<b>2. CARATTERISTICHE TECNICHE</b> .....	10
<b>2.1 Moduli fotovoltaici</b> .....	10
<b>2.2 Strutture di supporto</b> .....	12
<b>2.3 Cavi BT</b> .....	13
<b>2.4 Quadri parallelo stringhe</b> .....	15
<b>2.5 Gruppi di Conversione</b> .....	16
<b>2.6 Dispositivi di generatore DDG</b> .....	18
<b>2.7 Trasformatori MT/BT</b> .....	18
<b>2.8 Linee elettriche in Cavo interrato di collegamento tra il quadro elettrico in cabina di raccolta ed i trasformatori per il Plot 1 e 2</b> .....	19
<b>2.9 Quadro elettrico in cabina di Raccolta</b> .....	23
<b>2.10 Dorsali a 30 kV di collegamento con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza</b> .....	27
<b>2.11 Collegamento in Fibra Ottica con la S.E. Terna</b> .....	28
<b>2.11 Gruppi di misura dell'energia</b> .....	29
<b>2.12 Valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto</b> .....	29
<b>3. SICUREZZA ELETTRICA</b> .....	32
<b>3.1 Protezione dalle sovracorrenti</b> .....	32
<b>3.2 Protezione contro i contatti diretti</b> .....	32
<b>3.3 Protezione contro i contatti indiretti</b> .....	32

# **1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI**

## **1.1 Generalità**

La Società HF Solar 11 intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile, attraverso tecnologia fotovoltaica, integrato da attività agricola, da connettere alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale RTN. Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, ed a cui si rimanda per maggiori dettagli, l'impianto risulta costituito da due sezioni denominate "Plot 1" da 15.884,12 kWp e "Plot 2" da 14.154,56 kWp, per una potenza complessiva di 30.038,68 kWp, e si troverà nel territorio comunale di Foggia (FG) in Località Pezzagrande al Foglio n°161 particella 2 e nel territorio comunale di Manfredonia (FG) in Località Vacchereccia di Greco al Foglio n°129 particelle 17, 142, 498, 500 e 512 e in Località Macchiarotonda al Foglio n°131 particelle 13, 206 e 207, e delle relative opere di connessione alla RTN individuate in agro di Manfredonia in località Macchiarotonda al Foglio n°128 alle particelle 45, 79, 80 e 113 e al Foglio n°129 particelle 481, 485 e 486 (in quest'ultima è prevista la realizzazione della Sottostazione Elettrica di Utenza).

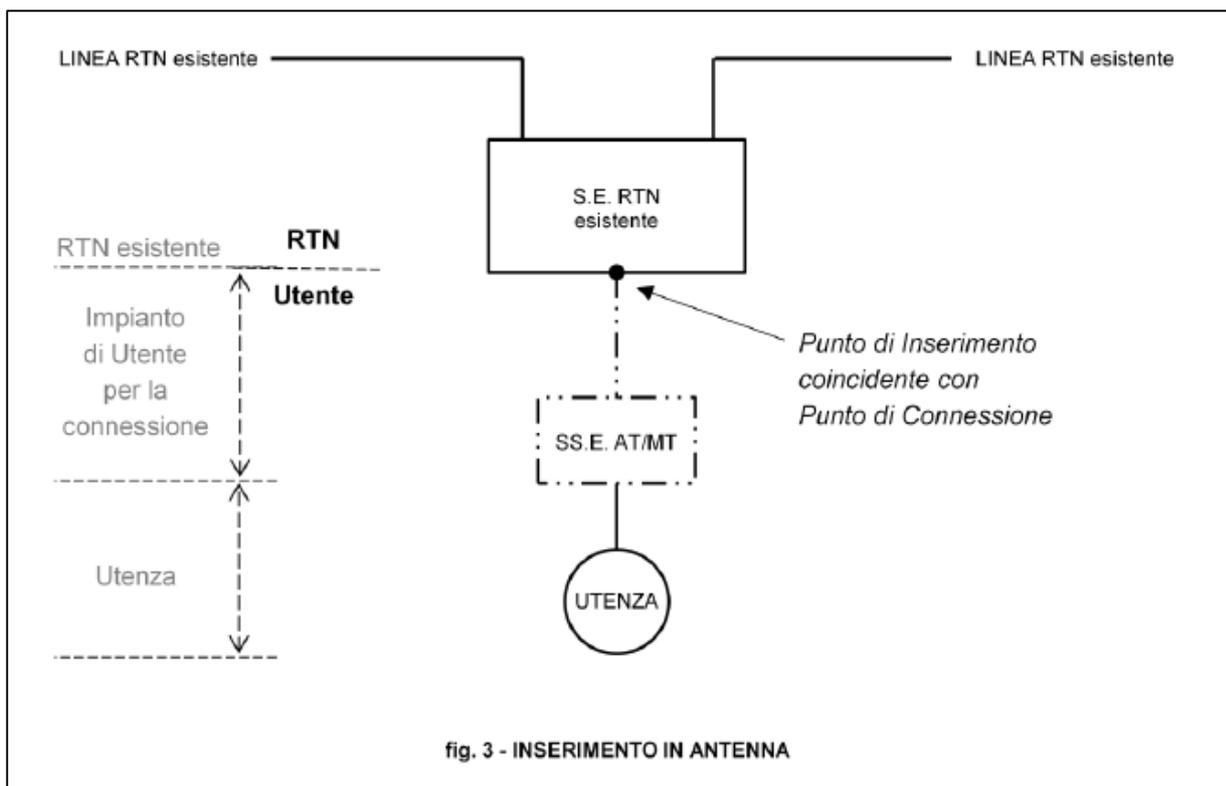
Il progetto in esame, alla luce della documentazione progettuale allegata, risulta essere a tutti gli effetti un **impianto agrivoltaico di tipo avanzato** ai sensi delle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici diffuse dal Ministero della Transizione Ecologica nel Giugno 2022.



*Figura 1: inquadramento area di impianto*

Lo schema di connessione alla Rete, prescritto dal Gestore della Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale con preventivo di connessione ricevuto ed identificato con Codice Pratica 202200828, prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica a 380/150kV della RTN di Manfredonia, mediante condivisione dello stallo con le iniziative di seguito elencate, ai fini della razionalizzazione dell'utilizzo delle infrastrutture di rete:

- codice pratica 201901116 della Società HF SOLAR 3 SRL;
- codice pratica 06021664 della Società PARCO EOLICO SANTA CROCE DEL SANNIO HOUSE SRL;
- codice pratica 201900200 della società OPDENERGY TAVOLIERE 1 S.R.L.;
- codice pratica 201900197 della società OPDENERGY TAVOLIERE 2 SRL;
- codice pratica 201900413 della società MARSEGLIA - AMARANTO ENERGIA E SVILUPPO SRL.



*Figura 2: schema di inserimento in antenna con la sezione a 150 kV di una Stazione Elettrica RTN esistente*

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della centrale alla Stazione Elettrica della RTN, costituisce **Impianto di Utenza per la Connessione**, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce **Impianto**

*di Rete per la Connessione*. La restante parte di impianto, a valle dell'impianto di utenza per la connessione, si configura, ai sensi della Norma CEI 0-16, come *Impianto di Utenza*.

Considerando che l'impianto sarà sottoposto ad *Iter Verifica di Impatto Ambientale*, ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. n° 152 del 2006 e s.m.i., e ad *Autorizzazione Unica*, ai sensi del D.Lgs. n° 387 del 2003 e s.m.i., la Società Proponente espletterà direttamente la procedura autorizzativa fino al conseguimento dell'autorizzazione, oltre che per l'impianto di produzione e di utenza, anche per le Opere di Rete strettamente necessarie per la connessione alla RTN indicate nella "*Soluzione Tecnica Minima Generale di Connessione*" STMG descritta nel preventivo di connessione sopra citato.

Il progetto dell'Impianto di Rete per la Connessione, è stato elaborato in piena osservanza della *Soluzione Tecnica Minima Generale* e sottoposto al Gestore di Rete ai fini della verifica di congruità e rilascio del parere tecnico di rispondenza.

## 1.2 Layout di impianto

L'impianto fotovoltaico come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, ed a cui si rimanda per maggiori dettagli, risulta costituito da due sezioni denominate "Plot 1" da **15.884,12 kWp** e "Plot 2" da **14.154,56 kWp**, per una **potenza complessiva di 30.038,68 kWp**, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli scelti, in fase di progettazione definitiva, per realizzare il generatore.

Il dimensionamento del generatore fotovoltaico è stato eseguito applicando il criterio della superficie disponibile, tenendo dei distanziamenti da mantenere tra i filari delle strutture

per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento e degli spazi necessari per l'installazione delle stazioni di trasformazione dell'energia elettrica.

Si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici da **710 Wp BIFACCIALI**, i quali, tra le tecnologie attualmente disponibili in commercio, presentano rendimenti di conversione più elevati.

La parte d'impianto **Lotto 1** sarà suddiviso nei seguenti sottocampi:

- Sottocampo 1 – 2.743,44 kWp
- Sottocampo 2 – 4.651,92 kWp
- Sottocampo 3 – 4.433,24 kWp
- Sottocampo 4 – 4.055,52 kWp

La parte d'impianto **Lotto 2** sarà suddiviso nei seguenti sottocampi:

- Sottocampo 5 – 5.009,76 kWp
- Sottocampo 6 – 5.009,76 kWp
- Sottocampo 7 – 4.135,04 kWp

per i quali è prevista la realizzazione di n.7 locali di trasformazione. Nei locali appena citati verranno installati i quadri elettrici di media tensione, il trasformatore di campo e i gruppi di misura dell'energia prodotta (per maggiori dettagli sulle dimensioni e sul posizionamento dei locali, si rimanda alle tavole allegate).

Definito il layout di impianto, il numero di moduli della stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo, sono stati determinati coordinando opportunamente le caratteristiche dei moduli fotovoltaici con quelle degli inverter scelti, rispettando le seguenti 4 condizioni:

1. la massima tensione del generatore fotovoltaico deve essere inferiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter;

2. la massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
3. la minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
4. la massima corrente del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima corrente in ingresso all'inverter.

Complessivamente si dovranno realizzare **1511 stringhe elettriche costituite da 28 moduli da 710Wp in serie, di cui 799 stringhe nel lotto 1 e 712 stringhe nel lotto 2** da distribuire sugli **86 inverter di stringa** scelti, di cui 46 ricadranno nel lotto 1 e 40 nel lotto 2.

Le stringhe fotovoltaiche saranno collegate in parallelo tra loro attraverso appositi **quadri di parallelo stringhe**, alloggiati direttamente sulle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici. Da ciascun quadro di parallelo, partirà una linea in corrente continua che arriverà fino al locale inverter dove verrà eseguito il collegamento al corrispondente inverter.

Le linee in corrente alternata alimentate dagli inverter di uno stesso sottocampo, saranno collegate ad un **quadro elettrico generale di media tensione** equipaggiato con **dispositivi di generatore** (tipicamente interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale) uno per ogni inverter e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico, attraverso il quale verrà realizzato il collegamento con l'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/MT.

I sottocampi confluiranno ad appositi **trasformatori di elevazione**, la cui funzione è quella di innalzare la tensione del generatore fotovoltaico a 30 kV.

I trasformatori di ognuno dei plot d'impianto saranno alimentati ognuno da una linea elettrica di alta tensione, in configurazione entra-esce, in cavo interrato **ARE4H5EX 18/30 kV**, secondo il tracciato indicato nelle tavole di progetto.

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

PLOT 1:

- 22372 moduli fotovoltaici da 710Wp;
- 799 stringhe fotovoltaiche costituite da 28 moduli da 710Wp in serie;
- cavi elettrici di bassa tensione in corrente continua che dai quadri parallelo stringhe arrivano agli inverter;
- N° 46 inverter di stringa con potenza di 16100 kVA;
- cavi elettrici di bassa tensione che dagli inverter arrivano ai quadri elettrici BT installati all'interno delle cabine di trasformazione;
- Quadri elettrici generali di bassa tensione, ciascuno dotato di interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale (dispositivi di generatore), uno per ogni gruppo di conversione, e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per la protezione dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/MT;
- N° 3 trasformatori MT/BT da 5000 kVA;
- N° 1 trasformatore MT/BT da 3150 kVA;
- N° 4 locali di trasformazione;
- N° 4 locali trasformatore S.A.;
- N° 1 linea elettrica elettrificata a 30 kV in cavo interrato con formazione ARE4H5EX 3x(1x150) mm<sup>2</sup>;
- N° 1 linea elettrica elettrificata a 30 kV in cavo interrato con formazione ARE4H5EX 3x(1x240) mm<sup>2</sup>;
- N° 1 Dorsale elettrificata a 30 kV in cavo interrato con formazione ARE4H5EX 3x(1x400) mm<sup>2</sup>.

Plot 2:

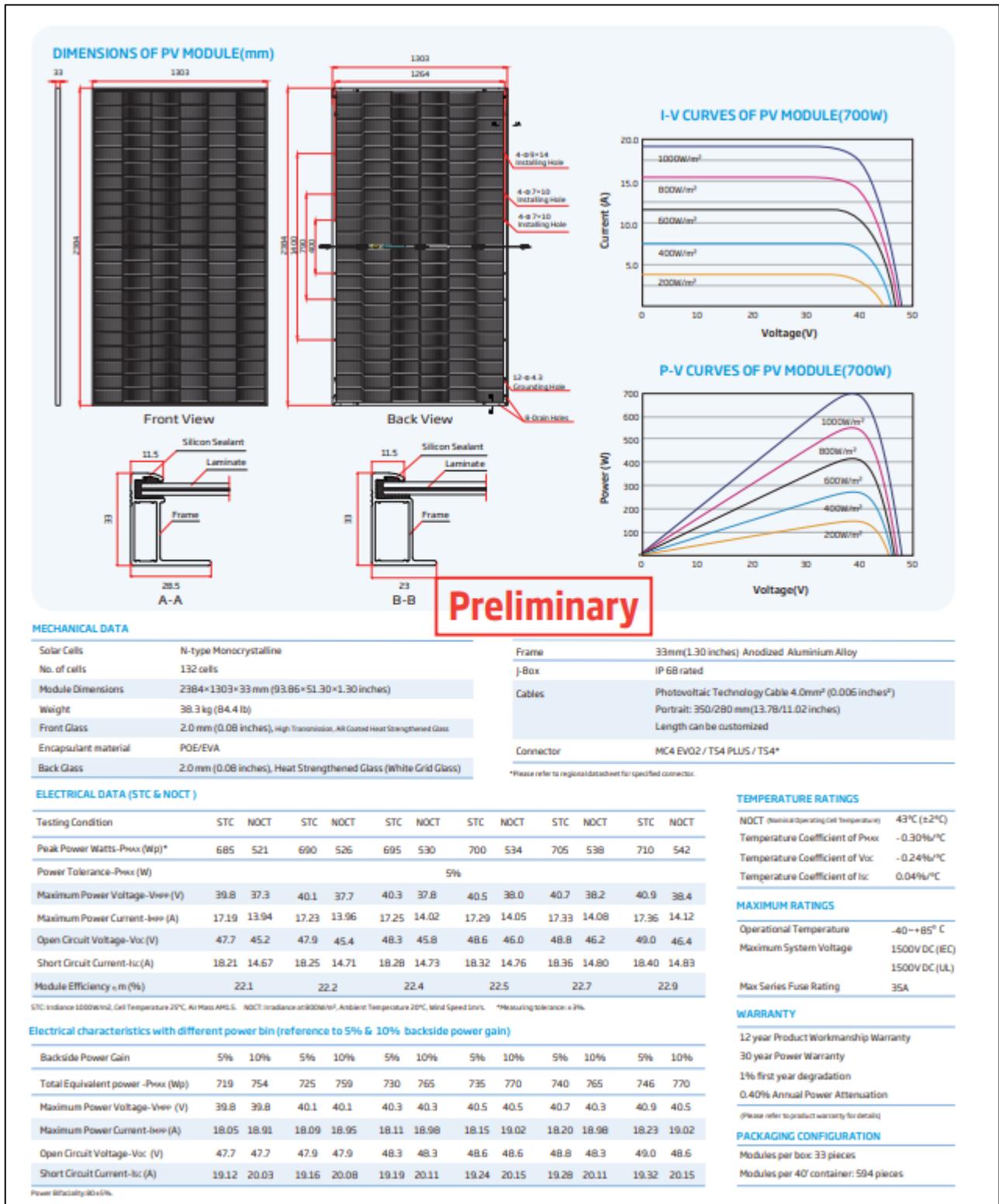
- 19936 moduli fotovoltaici da 710Wp;
- 712 stringhe fotovoltaiche costituite da 28 moduli da 710Wp in serie;
- cavi elettrici di bassa tensione in corrente continua che dai quadri parallelo stringhe arrivano agli inverter;
- N° 40 inverter di stringa con potenza di 14000 kVA;

- cavi elettrici di bassa tensione che dagli inverter arrivano ai quadri elettrici BT installati all'interno delle cabine di trasformazione;
- Quadri elettrici generali di bassa tensione, ciascuno dotato di interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale (dispositivi di generatore), uno per ogni gruppo di conversione, e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per la protezione dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/MT;
- N° 3 trasformatori MT/BT da 5000 kVA;
- N° 3 locali di trasformazione;
- N° 3 locali trasformatore S.A.;
- N° 1 linea elettrica elettrificata a 30 kV in cavo interrato ARE4H5EX 3x(1x240) mm<sup>2</sup>
- N° 1 Dorsale elettrificata a 30 kV in cavo interrato con formazione ARE4H5EX 3x(1x240) mm<sup>2</sup>.

## **2. CARATTERISTICHE TECNICHE**

### **2.1 Moduli fotovoltaici**

Premettendo che i moduli verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di realizzazione, in questa fase della progettazione, ai fini del dimensionamento di massima del generatore fotovoltaico si è scelto di utilizzare moduli in silicio di potenza pari a 710Wp di tipo bifacciale, le cui caratteristiche elettriche tipiche dei moduli, misurate in condizioni standard **STC** (**AM=1,5; E=1000 W/m<sup>2</sup>; T=25 °C**) sono di seguito riportate:



*Figura 3: caratteristiche tecniche dei moduli fotovoltaici*

## 2.2 Strutture di supporto

Il progetto agrivoltaico avanzato in esame è composto da 2 lotti poco distanti tra loro, ha in totale una potenza di picco pari a **30.038,68 kWp**, alle condizioni standard di irraggiamento di 1000 W/m<sup>2</sup>, AM = 1,5 con distribuzione dello spettro solare di riferimento e temperatura delle celle di 25 ± 2 °C.

Le strutture di sostegno dei moduli saranno di tipologia fissa sub verticale, costituite da tubolari metallici in acciaio zincato a caldo opportunamente dimensionati e poste orizzontalmente assecondando la giacitura del terreno lungo la direzione EST-OVEST. Tali strutture, considerando un'inclinazione dei pannelli di 30° posti orizzontalmente all'asse della struttura, avranno un'altezza minima da terra di circa 1,30 m sul Plot 2 e di 2,10 m sul Plot 1 (questo dovuto alle diverse coltivazioni previste) e un'altezza massima di circa 2,85 m sul Plot 2 e di circa 3,65 m sul Plot 1.

I sostegni saranno di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo.

La soluzione scelta ha come obiettivo certo l'implementazione di una logica innovativa che mediante semplici accorgimenti geometrico-strutturali permetta la migliore conduzione agricola possibile ottenendo dei più che soddisfacenti risultati in termini di producibilità specifica.

La soluzione SUBVERTICALE permette infatti di sfruttare al meglio la funzione dei moderni pannelli fotovoltaici bifacciali, ponendo l'accento ed ottimizzando la producibilità della faccia posteriore secondo i fenomeni ottico-geometrici meglio espressi negli articoli scientifici di seguito citati:

- **Optimization and Performance of Bifacial Solar Modules: A Global Perspective**
  - Xingshu Sun, Mohammad Ryyan Khan, Chris Deline, and Muhammad Ashraf Alam
    - Network of Photovoltaic Technology, Purdue University, West Lafayette, IN, 47907, USA
    - National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, 80401, USA
- **Analysis of the Impact of Installation Parameters and System Size on Bifacial Gain and Energy Yield of PV Systems**
  - Amir Asgharzadeh, Tomas Lubenow, Joseph Sink, Bill Marion, Chris Deline, Clifford Hansen, Joshua Stein, Fatima Toor
    - Electrical and Computer Engineering Department, The University of Iowa, Iowa City, IA, 52242, USA
    - National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, 80401, USA
    - Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, 87185, USA

## 2.3 Cavi BT

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

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

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

### CARATTERISTICHE TECNICHE:

- Conduttore: rame elettrolitico, stagnato, classe 5 secondo IEC 60228
- Isolante: HEPR 120 °C
- Max. tensione di funzionamento 1,5 kV CC Tensione di prova 4kV, 50 Hz, 5 min.
- Intervallo di temperatura Da - 50°C a + 120°C
- Durata di vita attesa pari a 30 anni In condizioni di stress meccanico, esposizione a raggi UV, presenza di ozono, umidità, particolari temperature.
- Verifica del comportamento a lungo termine conforme alla Norma IEC 60216
- Resistenza alla corrosione
- Ampio intervallo di temperatura di utilizzo
- Resistenza ad abrasione
- Ottimo comportamento del cavo in caso di incendio: bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi
- Resistenza ad agenti chimici
- Facilità di assemblaggio
- Compatibilità ambientale e facilità di smaltimento.

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

Per la realizzazione delle stringhe fotovoltaiche verranno utilizzati cavi solari H1Z2Z2-K, assumendo una lunghezza media di 25 m e nell'ottica di limitare le perdite di potenza attiva a valori non superiori all'1%, la sezione minima da adottare è quella da 10 mm<sup>2</sup>, mentre per la realizzazione della restante parte di circuiti in corrente continua verranno utilizzati cavi elettrici ordinari, opportunamente dimensionati dal punto di vista dell'isolamento e della sollecitazione termica.

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

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

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

## 2.4 Quadri parallelo stringhe

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 2.5 Gruppi di Conversione

Per ciascun sottocampo fotovoltaico, è previsto l'utilizzo di un gruppo di conversione dell'energia elettrica prodotta di tipo inverter di stringa **SUNGROW da 350 kVA**, le cui caratteristiche tecniche sono deducibili dal datasheet di seguito riportato:

Type designation	SG350HX
<b>Input (DC)</b>	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 550 V
Nominal PV input voltage	1080 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
No. of independent MPP inputs	12 (optional: 14/16)
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	12 * 40 A (Optional: 14 * 30 A / 16 * 30 A)
Max. DC short-circuit current per MPPT	60 A
<b>Output (AC)</b>	
AC output power	352 kVA @ 30°C / 320 kVA @40 °C / 295 kVA @50°C
Max. AC output current	254 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	640 – 920V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % I <sub>n</sub>
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency / European efficiency / CEC efficiency	99.02 % / 98.8 % / 98.5%
<b>Protection</b>	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch / AC switch	Yes / No
PV string current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Optional
Surge protection	DC Type II / AC Type II
<b>General Data</b>	
Dimensions (W*H*D)	1136 * 870 * 361 mm (44.7" * 34.3" * 14.2")
Weight	≤116 kg (≤255.7 lbs)
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP66 (NEMA 4X)
Power consumption at night	< 6 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60°C (-22 to 140 °F)
Allowable relative humidity range	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating) / 13123 ft (> 9843 ft derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm <sup>2</sup> , optional 10mm <sup>2</sup> / Max. 10AWG, optional 8AWG )
AC connection type	Support OT/DT terminal (Max. 400 mm <sup>2</sup> / 789 Kcmil)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013, UL1741, UL1741SA, IEEET1547, IEEET1547.1, CSA C22.2 107.1-01-2001, California Rule 21, UL1699B
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Q-U control, P-f control

**Figura 4: datasheet inverter multistringa SUNGROW**

Complessivamente verranno utilizzati 86 inverter multistringa per una potenza complessiva pari alla potenza in immissione richiesta al Gestore di Rete (30.100 kVA).



## 2.6 Dispositivi di generatore DDG

La configurazione impiantistica adottata prevede la presenza di n°7 dispositivi di generatore la cui apertura, comandata da un apposito sistema di protezione, determina la separazione del gruppo di generazione dalla rete, consentendo all'impianto stesso l'eventuale funzionamento in isola sui carichi privilegiati.

## 2.7 Trasformatori MT/BT

Per poter immettere l'energia elettrica prodotta dalla centrale fotovoltaica in Rete, è necessario innalzare il livello della tensione del generatore fotovoltaico a 30 kV.

Per conseguire questo obiettivo saranno utilizzati appositi trasformatori elevatori MT/BT.

Tenendo conto della potenza nominale della centrale fotovoltaica e della potenza in immissione concessa dal Gestore, dato il livello di tensione prescritto, i due plot nel complesso accoglieranno:

- N° 6 trasformatori MT/BT, uno per ogni sottocampo, aventi le seguenti caratteristiche:
  - $A_n = 5000$  kVA;
  - $V_{1n} = 0,8$  kV;
  - $V_{2n} = 30$  kV;
  
- N° 1 trasformatori MT/BT, uno per ogni sottocampo, aventi le seguenti caratteristiche:
  - $A_n = 3150$  kVA;
  - $V_{1n} = 0,8$  kV;
  - $V_{2n} = 30$  kV;

Per ciascun sottocampo è previsto l'utilizzo di un *trasformatore di potenza isolato in resina*, dimensionato in funzione della potenza nominale dell'inverter sotteso.

Ciascun trasformatore verrà collegato al quadro elettrico generale di bassa tensione con cavi FG7OR 0,6/1 kV, o condotti sbarre, dimensionati per portare almeno la corrente nominale dell'avvolgimento BT del trasformatore.

## **2.8 Linee elettriche in Cavo interrato di collegamento tra il quadro elettrico in cabina di raccolta ed i trasformatori per il Plot 1 e 2**

Le linee elettriche saranno derivate, ognuna, dal proprio *scomparto partenza linea* del quadro elettrico generale previsto all'interno del Locale di Raccolta ed avranno le seguenti caratteristiche:

Le cabine elettriche di trasformazione dei due plot, verranno interconnesse tra loro in entra-esce e collegate alla cabina di raccolta di pertinenza, a mezzo di una linea elettrica di media tensione in cavo interrato ARE4H5EX elettrificata a 30 kV.

In questo contesto, vengono riportate le caratteristiche delle linee menzionate, rimandando alla relazione tecnica specialistica “*Dimensionamento linee elettriche di media tensione*” per maggiori dettagli sui criteri di dimensionamento applicati.

### **Plot 1**

Le cabine elettriche di trasformazione del Plot 1 verranno interconnesse tra loro a mezzo di due linee elettriche di media tensione in cavo tripolare ad elica visibile aventi le seguenti caratteristiche:

Plot 1, linea 1:

- Tipologia di cavo: ARE4H5EX 18/30 kV;
- Formazione: 3x(1x150) mm<sup>2</sup>;
- Lunghezza complessiva: 300 m.

Plot 1, linea 2:

- Tipologia di cavo: ARE4H5EX 18/30 kV;
- Formazione: 3x(1x240) mm<sup>2</sup>;
- Lunghezza complessiva: 2400 m.

## ARE4H5E(X) 18/30(36)kV SK1 (SHOCK PROOF 1)

Contatto  
Vendita Cavi Mercato  
nexans.cavi@nexans.com

### CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

Nome	Diametro del conduttore [mm]	Diametro sull'isolante [mm]	Diametro esterno [mm]	Peso approssimativo [kg/km]
ARE4H5E(X) 18/30 kV 50 mm <sup>2</sup> SK1	8,2	24,2	36,8	1010
ARE4H5E(X) 18/30 kV 70 mm <sup>2</sup> SK1	9,8	25,8	38,4	1130
ARE4H5E(X) 18/30 kV 95 mm <sup>2</sup> SK1	11,5	26,5	39,2	1210
ARE4H5E(X) 18/30 kV 120 mm <sup>2</sup> SK1	13,1	27,5	40,2	1310
ARE4H5E(X) 18/30 kV 150 mm <sup>2</sup> SK1	14,3	28,5	41,3	1410
ARE4H5E(X) 18/30 kV 185 mm <sup>2</sup> SK1	16,0	30,2	43,1	1570
ARE4H5E(X) 18/30 kV 240 mm <sup>2</sup> SK1	18,5	32,7	45,7	1820
ARE4H5E(X) 18/30 kV 300 mm <sup>2</sup> SK1	20,7	34,9	48	2060
ARE4H5E(X) 18/30 kV 400 mm <sup>2</sup> SK1	23,5	37,7	50,9	2390
ARE4H5E(X) 18/30 kV 500 mm <sup>2</sup> SK1	26,5	40,9	54,3	2820
ARE4H5E(X) 18/30 kV 630 mm <sup>2</sup> SK1	30,0	45,0	58,6	3390

*Figura 5: scheda tecnica cavi tripolari ad elica visibile*

### Plot 2

Le cabine elettriche di trasformazione del Plot 2 verranno interconnesse tra loro a mezzo di una linea elettrica di media tensione in cavo tripolare ad elica visibile avente le seguenti caratteristiche:

- Tipologia di cavo: ARE4H5EX 18/30 kV;
- Formazione: 3x(1x240) mm<sup>2</sup>;
- Lunghezza complessiva: 1550 m.

## ARE4H5E(X) 18/30(36)kV SK1 (SHOCK PROOF 1)

Contatto  
Vendita Cavi Mercato  
nexans.cavi@nexans.com

### CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

Nome	Diametro del conduttore [mm]	Diametro sull'isolante [mm]	Diametro esterno [mm]	Peso approssimativo [kg/km]
ARE4H5E(X) 18/30 kV 50 mm <sup>2</sup> SK1	8,2	24,2	36,8	1010
ARE4H5E(X) 18/30 kV 70 mm <sup>2</sup> SK1	9,8	25,8	38,4	1130
ARE4H5E(X) 18/30 kV 95 mm <sup>2</sup> SK1	11,5	26,5	39,2	1210
ARE4H5E(X) 18/30 kV 120 mm <sup>2</sup> SK1	13,1	27,5	40,2	1310
ARE4H5E(X) 18/30 kV 150 mm <sup>2</sup> SK1	14,3	28,5	41,3	1410
ARE4H5E(X) 18/30 kV 185 mm <sup>2</sup> SK1	16,0	30,2	43,1	1570
ARE4H5E(X) 18/30 kV 240 mm <sup>2</sup> SK1	18,5	32,7	45,7	1820
ARE4H5E(X) 18/30 kV 300 mm <sup>2</sup> SK1	20,7	34,9	48	2060
ARE4H5E(X) 18/30 kV 400 mm <sup>2</sup> SK1	23,5	37,7	50,9	2390
ARE4H5E(X) 18/30 kV 500 mm <sup>2</sup> SK1	26,5	40,9	54,3	2820
ARE4H5E(X) 18/30 kV 630 mm <sup>2</sup> SK1	30,0	45,0	58,6	3390

Figura 6: scheda tecnica cavi tripolari ad elica visibile

I cavi scelti, sono adatti per il trasporto di energia elettrica e per essi, ai sensi dell'art.4.3.11 della norma CEI 11-18, è ammessa la posa interrata anche non protetta. Le loro portate, indicate dal Costruttore, sono state calcolate considerando:

- schermi metallici connessi tra loro e a terra ad entrambe le estremità;
- resistività termica del terreno 1 ° C m/W;
- profondità di posa: tra 1,20 m e 1,60 m;
- disposizione a trifoglio.

Definita la tipologia di cavo e le condizioni di posa, ai fini del corretto dimensionamento dei circuiti, è stata applicata la seguente relazione:

$$I_B \leq I_Z = I_{Z0} K_1 K_2 K_3 K_4$$

dove:

- $I_B$  è la corrente di impiego del circuito [A];
- $I_z$  è la portata del cavo nelle condizioni di posa previste dal progetto [A];
- $I_{z0}$  è la portata del cavo in condizioni di posa standard, desumibile dalle schede tecniche fornite dai costruttori [A];
- $K_1$  è il fattore di correzione della portata per profondità di posa diversa da 1,20 m;
- $K_2$  è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la temperatura di posa è diversa da 20°C;
- $K_3$  è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la resistività termica del terreno sia diversa da 1 °C m/W;
- $K_4$  è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui all'interno della stessa trincea di scavo sono presenti più circuiti elettricamente indipendenti.

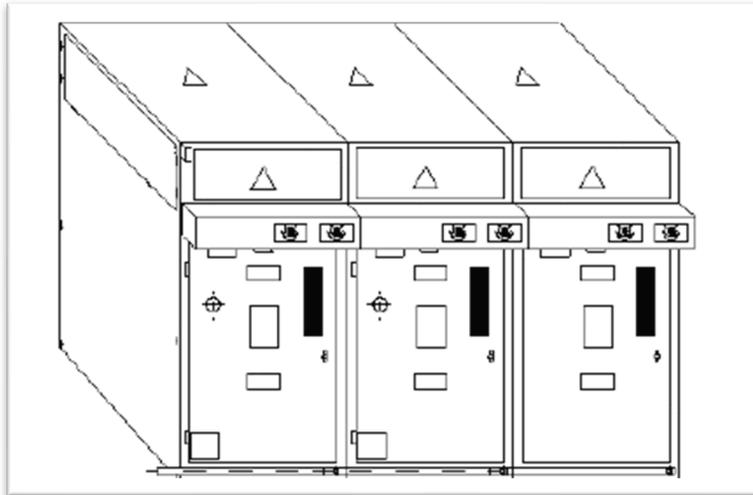
Il calcolo della corrente di impiego  $I_B$  di ciascuna linea, è stato condotto considerando prudenzialmente la condizione di esercizio più gravosa, che prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale dei trasformatori interconnessi mentre i valori dei coefficienti correttivi della portata sono stati ricavati dalla Norma CEI 11-17.

I risultati di calcolo ottenuti, vengono riportati nei successivi paragrafi.

## 2.9 Quadro elettrico in cabina di Raccolta

### *Quadro elettrico generale a 30 kV*

All'interno di ciascuna cabina di raccolta, verrà installato un quadro elettrico generale, costituito da scomparti dimensionati per reti con corrente di cortocircuito pari a 12,5 kA e predisposti per essere accoppiati tra loro in modo da costituire un'unica apparecchiatura.



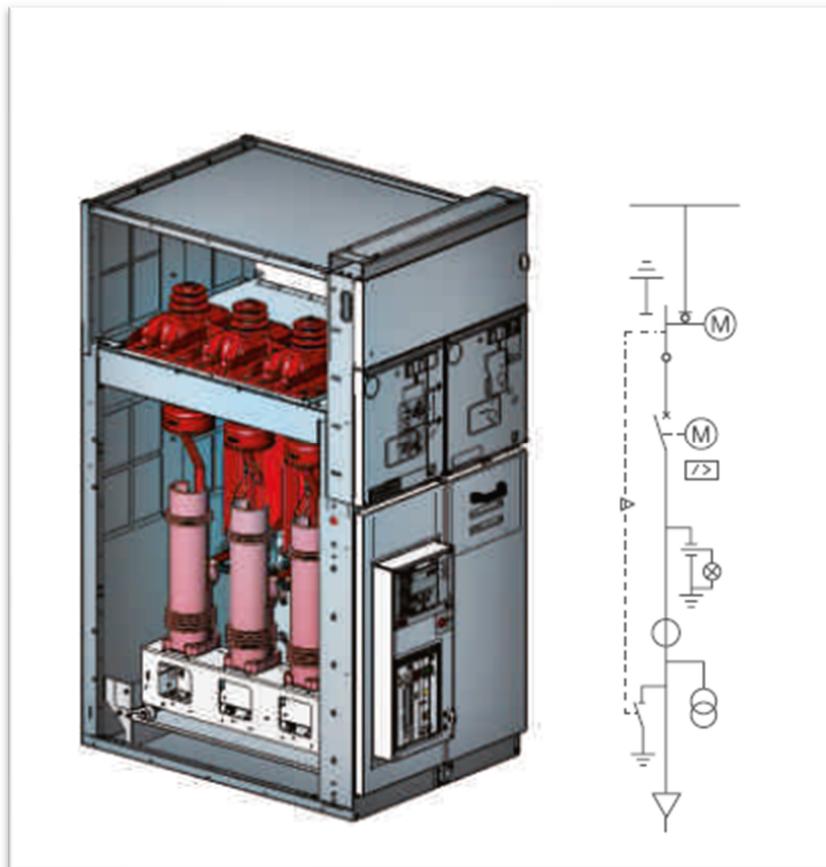
*Figura 7: immagine indicativa di scomparti 30 kV isolati in aria*

Come facilmente riscontrabile dallo schema elettrico unifilare, gli scomparti previsti sono quelli di seguito elencati:

- N° 1 scomparto partenza linea verso la Sottostazione Elettrica Terna, costituito da un sezionatore generale e un interruttore generale, corredato di un sistema di protezione di massima corrente, massima corrente omopolare e direzionale di terra;
- N° 1 scomparto risalita cavi dotato di TA e TV di misura da cui verrà derivato il gruppo di misura dell'energia elettrica scambiata con la rete;
- N° 1 scomparto dispositivo generale, dotato di sistema di protezione generale;
- N° 2 scomparti linea verso il campo fotovoltaico, costituito da un sezionatore con un interruttore, asservito da protezione di massima corrente, massima corrente omopolare, protezione direzionale di terra e protezione di interfaccia (59, 59N, 27, 81<, 81>) (plot 1);
- N° 1 scomparti linea verso il campo fotovoltaico, costituito da un sezionatore con un interruttore, asservito da protezione di massima corrente, massima corrente omopolare, protezione direzionale di terra e protezione di interfaccia (59, 59N, 27, 81<, 81>) (plot 2);

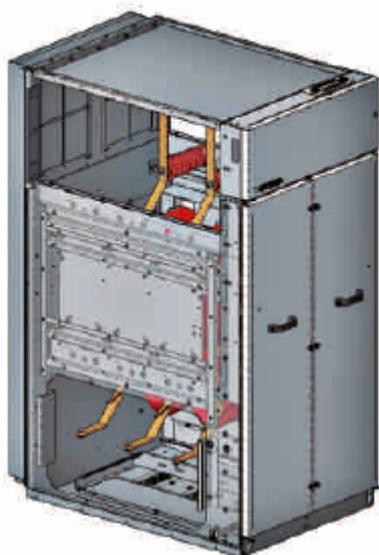
- N° 1 scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari, costituito da un interruttore di manovra sezionatore con fusibile, a protezione del trasformatore installato all'interno della stessa cabina e attraverso cui verranno alimentati i servizi ausiliari di cabina.

di cui vengono riportati, a titolo illustrativo e non esaustivo, le immagini:



*Figura 8: scomparto arrivo/partenza linea*

## R-UMP Unità misure universale



### Unità disponibile con larghezza 750 mm.

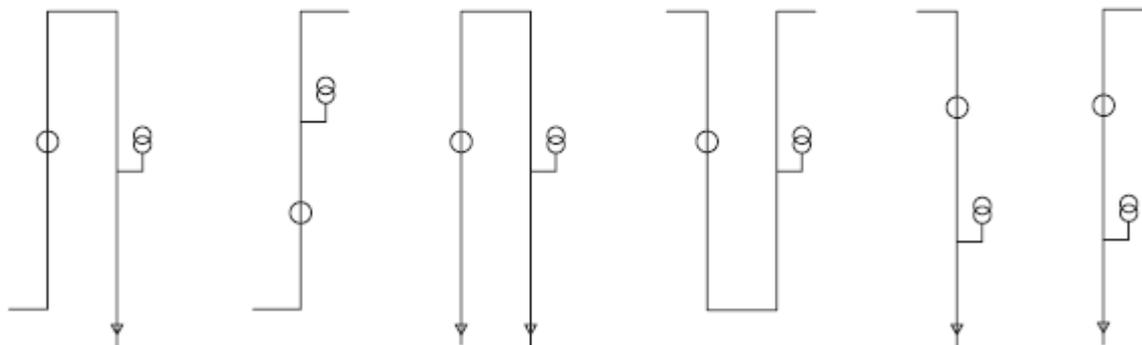
L'unità è impiegata nelle applicazioni di media tensione in cui è richiesto un pannello dedicato per trasformatori di misura. L'unità è molto flessibile, sono disponibili sei configurazioni, ingresso in sbarre e uscita in cavo, ingresso ed uscita in cavo, ingresso e uscita in sbarra.

Le configurazioni indicate soddisfano pienamente i requisiti dei clienti più esigenti.

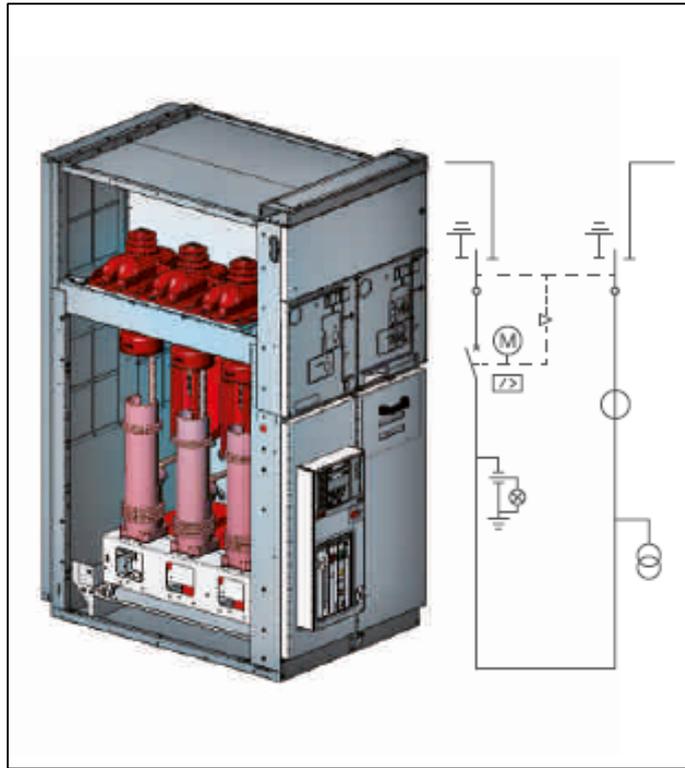
L'accesso ed il montaggio dei trasformatori di misura è facile e sicuro, l'unità è dotata di un'ampia porta che permette l'accesso sul fronte. È possibile prevedere sulla porta i sigilli di sicurezza e/o i lucchetti.

I trasformatori di misura sono montati singolarmente su piastre scorrevoli, le quali sono fissate su guide posizionate alle pareti.

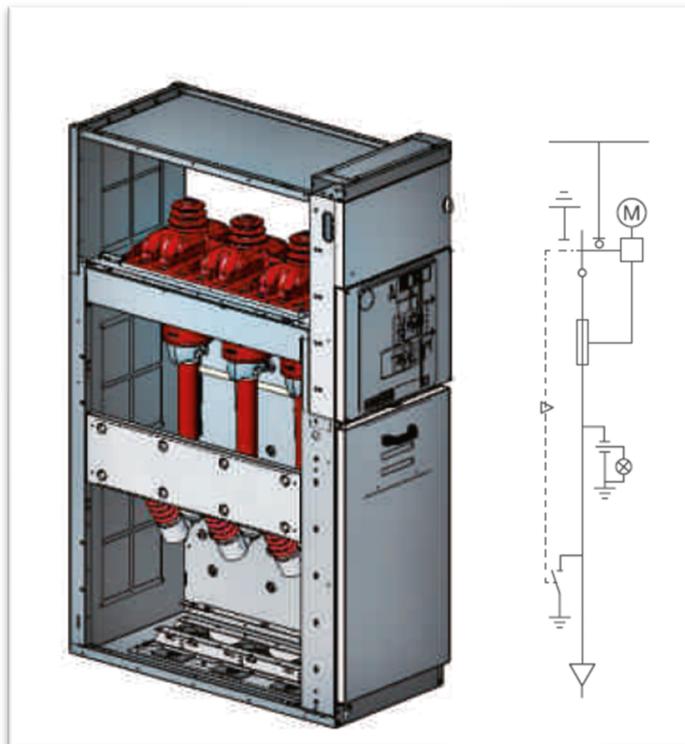
L'unità è predisposta per montare trasformatori di misura di tipo DIN e tipo ARTECHE.



*Figura 9: scomparto risalita cavi*



*Figura 10: scomparto dispositivo generale*



*Figura 11: Scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari*

Tutti gli scomparti sono stati dimensionati per reti con corrente di cortocircuito pari a 12,5 kA e con riferimento alla tensione nominale di 30 kV.

## **2.10 Dorsali a 30 kV di collegamento con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza**

Ciascuna delle due sezioni in cui è stato suddiviso l'impianto di produzione (Plot 1 e Plot 2) verrà collegata con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza a mezzo di una dorsale di media tensione in cavo tripolare ad elica visibile elettrificata a 30 kV e dimensionata in funzione della potenza da trasmettere.

In questo contesto, vengono riportate le caratteristiche elettriche della linea, rimandando alla relazione tecnica specialistica "*Dimensionamento linee elettriche in cavo interrato a 30 kV*" per maggiori dettagli sui criteri di dimensionamento e di verifica applicati.

### **Plot 1**

- Tipologia di cavo: ***ARE4H5EX 18/30kV***;
- Formazione: 3x(1x400) mm<sup>2</sup>;
- Lunghezza: circa 5.600 m circa.

### **Plot 2**

- Tipologia di cavo: ***ARE4H5EX 18/30 kV***;
- Formazione: 3x(1x240) mm<sup>2</sup>;
- Lunghezza: circa 2.700 m circa.

## **2.11 Collegamento in Fibra Ottica con la S.E. Terna**

È prevista una rete in fibra ottica per il telecontrollo informatico distribuito per il monitoraggio e la supervisione dei sistemi.

Il cavo in fibra ottica sarà posato in canalizzazione realizzata sul tracciato del cavo elettrico mediante l'impiego di tritubo in PEHD e, dove necessario, di pozzetti in cls per consentire il tiro ed il cambio di direzione del cavo e l'alloggiamento dei giunti e della ricchezza di scorta del cavo.

Nel dettaglio, il tritubo con diametro di 50mm (di tipo PN 8-10-12,5) è una struttura di tre tubi di diametro esterno 50mm in HDPE solidalmente uniti a conformazione piana da utilizzarsi per la protezione e la posa dei cavi in fibra ottica stessi.

Per maggiori informazioni e per la rappresentazione dettagliata della posa si rimanda alle tavole di dettaglio di riferimento.

## **Trasformatori servizi ausiliari**

Oltre ai locali di trasformazione dell'energia elettrica prodotta, è prevista la posa in opera di n° 7 locali trasformatori ausiliari all'interno dei quali verranno installati i trasformatori servizi ausiliari con i relativi quadri elettrici di bassa tensione.

Tali trasformatori, avranno il compito di alimentare i servizi ausiliari dei sottocampi di pertinenza ed avranno le seguenti caratteristiche:

- Potenza Nominale: 50 kVA.
- Tensione Primaria Nominale: 30 kV;
- Tensione Secondaria Nominale: 400V;
- Tensione di Cortocircuito: 6%.

### ***Quadri servizi ausiliari***

È prevista l'installazione di due quadri elettrici di bassa tensione (uno per ogni cabina di raccolta) da cui verranno derivate le linee elettriche per l'alimentazione degli impianti ausiliari (impianto di video sorveglianza e impianto di illuminazione perimetrale). Ciascun quadro, sarà equipaggiato con interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale a protezione delle singole derivazioni e un interruttore generale di tipo magnetotermico.

## **2.11 Gruppi di misura dell'energia**

È prevista l'installazione di:

- N. 7 gruppi di misura dell'energia elettrica prodotta dai campi fotovoltaici;
- N. 9 gruppi di misura attraverso cui contabilizzare l'energia elettrica assorbita dai servizi ausiliari dislocati nell'intero impianto;
- N. 2 gruppo di misura di tipo bi-direzionale uno per ogni cabina di raccolta per contabilizzare l'energia elettrica scambiata con la rete. Il gruppo di misura bi-direzionale sarà collocato in uno scomparto della cabina di raccolta e verrà collegato al trasformatore amperometrico ed al trasformatore voltmetrico all'interno dello Risalita Cavi;

## **2.12 Valutazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici in fase di avvio dell'impianto**

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

### 2.12.1 Valutazione delle prestazioni in energia

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

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

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

$$P_{Re} = E_{ca} / E_{ca\_producibile} (H_i, P_n, T_{cel})$$

dove:

Eca producibile (Hi,Pn,Tcel) è l'energia producibile in corrente alternata, determinata in funzione della radiazione solare incidente sul piano dei moduli (Hi), della potenza nominale dell'impianto (Pn) e della temperatura di funzionamento della cella fotovoltaica (Tcel).

### 2.12.2 Valutazione delle prestazioni in potenza

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

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

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

$$PR_p = P_{ca} / P_{ca\_producibile\_} (G_p, P_n, T_{cel}) = P_{ca} / (R_{fv}^2 \times G_p / G_{stc} \times P_n) > 0,78 \text{ se } P_{inv} \leq 20 \text{ kW}$$

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

Dove:

-  $R_{fv2}$  è calcolato secondo l'espressione;

-  $P_{inv}$  è la potenza nominale dell'inverter.

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

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

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

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

## **3. SICUREZZA ELETTRICA**

### **3.1 Protezione dalle sovracorrenti**

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

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

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

dove:

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

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

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

### **3.2 Protezione contro i contatti diretti**

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

### **3.3 Protezione contro i contatti indiretti**

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