

REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI PALERMO

COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA

LOCALITÀ GROTTICELLI

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 15,48 MW_p E POTENZA NOMINALE PARI A 14,42 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE H - ELABORATI PROGETTUALI SISTEMA ELETTRICO

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SUGLI IMPIANTI

Nome file stampa:

FV.CST01.PD.H.07.pdf

Codifica Regionale:

RS12REL0012A0_RelazioneCalcoloDegliImpianti

Scala:

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV.CST01.PD.H.07

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 5 S.r.l.

Piazza San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647371000



E-WAY 5 S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P.Iva 16647371000
PEC: e-way5srl@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 5 S.r.l.

Piazza San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647371000



| CODICE | REV. n. | DATA REV. | REDAZIONE | VERIFICA | VALIDAZIONE |
|------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| FV.CST01.PD.H.07 | 00 | 07/2022 | S.lerardi | A.Bottone | A.Bottone |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

E-WAY 5 S.r.l.

Sede legale
Piazza San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-way5srl@legalmail.it tel. +39 0694414500

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA..... | 9 |
| 2 | INTRODUZIONE | 10 |
| 3 | UBICAZIONE | 11 |
| 4 | CABINA DI RACCOLTA E MISURA | 12 |
| 4.1 | Caratteristiche apparati | 12 |
| 4.2 | Celle a media tensione (36 kV) | 13 |
| 4.3 | Servizi Ausiliari..... | 13 |
| 4.4 | Control Room – Sistema di Monitoraggio | 13 |
| 5 | MISURA DELL'ENERGIA ELETTRICA | 14 |
| 6 | IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO | 15 |
| 6.1 | Layout e Configurazione d'Impianto..... | 15 |
| 6.2 | Tecnologia di Progetto | 18 |
| 6.2.1 | Modulo FV..... | 18 |
| 6.2.2 | Tracker mono-assiale | 20 |
| 6.2.3 | Quadro di Stringa..... | 21 |
| 6.2.4 | Inverter Centralizzato | 22 |
| 6.2.5 | Power Station | 23 |
| 7 | CONNESSIONI INTERNE AL CAMPO AGRO-FOTOVOLTAICO IN DC | 24 |
| 7.1 | Cavo Solare H1Z2Z2-K | 24 |
| 7.2 | Cavo BT (DC) ARG16R16 | 25 |
| 8 | LINEE MT DI INTERCONNESSIONE CAMPO AGRO-FOTOVOLTAICO – SE..... | 26 |
| 8.1 | Cavidotto Interno ed Esterno | 26 |
| 8.2 | Tipologia Cavi..... | 27 |
| 8.3 | Tipologia Posa..... | 28 |



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

| | |
|----------------|------------------|
| CODICE | FV.CST01.PD.H.07 |
| REVISIONE n. | 00 |
| DATA REVISIONE | 07/2022 |
| PAGINA | 3 di 39 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 9 | <i>DIMENSIONAMENTO CAVI DC</i> | 31 |
| 9.1 | Cavo Parallelo Stringhe – Quadro di Stringa | 31 |
| 9.2 | Cavo Quadro di Stringa – Inverter Centralizzati | 33 |
| 10 | <i>DIMENSIONAMENTO CAVI 36 KV</i> | 36 |
| 11 | <i>SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO</i> | 39 |



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

| | |
|----------------|------------------|
| CODICE | FV.CST01.PD.H.07 |
| REVISIONE n. | 00 |
| DATA REVISIONE | 07/2022 |
| PAGINA | 4 di 39 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 1. Inquadramento Generale su IGM</i> | <i>11</i> |
| <i>Figura 2. Layout completo dell'impianto Agro-fotovoltaico su ortofoto</i> | <i>16</i> |
| <i>Figura 3. Layout del campo Agro-fotovoltaico e suddivisione in sottocampi</i> | <i>17</i> |
| <i>Figura 4. Tracker 2P - Vista Longitudinale in condizione di riposo.....</i> | <i>20</i> |
| <i>Figura 5. Tracker 2P con Moduli FV - Vista Longitudinale</i> | <i>21</i> |
| <i>Figura 6. Schema Elettrico Unifilare Power Station</i> | <i>23</i> |
| <i>Figura 7. Cavo Solare H1Z2Z2-K.....</i> | <i>24</i> |
| <i>Figura 8. Cavo BT ARG16R16 0,6/1 kV.....</i> | <i>25</i> |
| <i>Figura 9. Collegamento entra-esci PS Sottocampo A e Sottocampo B</i> | <i>26</i> |
| <i>Figura 10. Collegamento entra-esci PS Sottocampo D e Sottocampo C</i> | <i>27</i> |
| <i>Figura 11. Immagine indicativa del tipo di Cavo.....</i> | <i>28</i> |
| <i>Figura 12. Modalità di Posa (CEI 11-17)</i> | <i>28</i> |
| <i>Figura 13. Sezione Cavidotto Singola Terna su Terreno.....</i> | <i>29</i> |
| <i>Figura 14. Sezione Cavidotto Singola Terna su Strada Asfaltata</i> | <i>30</i> |
| <i>Figura 15. Estratto Schema Elettrico Unifilare.....</i> | <i>39</i> |



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

| | |
|----------------|------------------|
| CODICE | FV.CST01.PD.H.07 |
| REVISIONE n. | 00 |
| DATA REVISIONE | 07/2022 |
| PAGINA | 6 di 39 |



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

| | |
|----------------|------------------|
| CODICE | FV.CST01.PD.H.07 |
| REVISIONE n. | 00 |
| DATA REVISIONE | 07/2022 |
| PAGINA | 7 di 39 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabella 1. Caratteristiche generali d'impianto</i> | <i>15</i> |
| <i>Tabella 2. Sintesi Impianto Agro-Fotovoltaico</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabella 3. Modulo FV</i> | <i>19</i> |
| <i>Tabella 4: Tracker/Stringa</i> | <i>20</i> |
| <i>Tabella 5. Quadri di Stringa</i> | <i>21</i> |
| <i>Tabella 6. Inverter interni alle Power Station (PS)</i> | <i>22</i> |
| <i>Tabella 7. Power Station</i> | <i>23</i> |
| <i>Tabella 8. Dati per Dimensionamento cavi DC per collegamento moduli FV.....</i> | <i>32</i> |
| <i>Tabella 9. Dati cavo H1Z2Z2-K scelto.....</i> | <i>32</i> |
| <i>Tabella 10: Dati per Dimensionamento cavi BT (DC) per collegamento Quadri di Stringa.....</i> | <i>34</i> |
| <i>Tabella 11. Dati cavo ARG16R16 scelto</i> | <i>34</i> |
| <i>Tabella 12. Dati di Progetti per Dimensionamento Elettrico</i> | <i>37</i> |
| <i>Tabella 13. Dimensionamento Cavi</i> | <i>37</i> |
| <i>Tabella 14. Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta</i> | <i>38</i> |
| <i>Tabella 15. Perdite d'impianto.....</i> | <i>38</i> |



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

| | |
|----------------|------------------|
| CODICE | FV.CST01.PD.H.07 |
| REVISIONE n. | 00 |
| DATA REVISIONE | 07/2022 |
| PAGINA | 8 di 39 |

1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agro-fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, sito in agro di Castronovo di Sicilia (PA), località Grotticelli.

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 15,48 MWp e una potenza nominale di 14,42 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

1. Un campo agro-fotovoltaico suddiviso in 4 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza nominale pari a 550 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento solare mono-assiali (tracker);
2. Una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Una Cabina di Raccolta e Misura a 36 kV;
4. Linee elettriche a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station con la Cabina di Raccolta e Misura;
5. Una linea elettrica a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Futura Stazione Elettrica (SE) 380/150/36 kV.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 5 S.R.L., avente sede legale in Piazza San Lorenzo in Lucina, 4 - 00186 Roma (RM), P.IVA 16647371000.

2 INTRODUZIONE

Oggetto del presente studio è la descrizione dei criteri di calcolo dell'impianto elettrico necessario per l'interconnessione dell'impianto Agro-Fotovoltaico alla RTN.

La Soluzione Tecnica Minima Generale di connessione alla RTN prevede che l'impianto venga *collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaramonte Gulfi – Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, e da ricollegare alla linea 150 kV compresa tra le stazioni RTN di Ciminna e Cammarata.*

Avendo a disposizione la sezione a 36 kV nella nuova SE, non ci sarà bisogno di una SE Utente da condividere con altri produttori per la connessione ad uno stallo AT Terna.

La tecnologia relativa alle opere previste in progetto (pannelli, tracker, inverter etc..) e adottate per il dimensionamento del campo Agro-Fotovoltaico sono da intendersi come indicative e tipologiche. In fase esecutiva potranno di fatto essere adottati elementi tecnologici di fornitori differenti da quelli indicati, con caratteristiche comunque non dissimili a quelle proposte.

3 UBICAZIONE

Le opere di progetto ricadono tutte nel comune di Castronovo di Sicilia (PA). L'ubicazione complessiva delle opere e della SE 380/150/36 kV, si rileva dall'allegato FV.CST01.PD.B.01 – "Inquadramento generale su IGM e Coordinate":

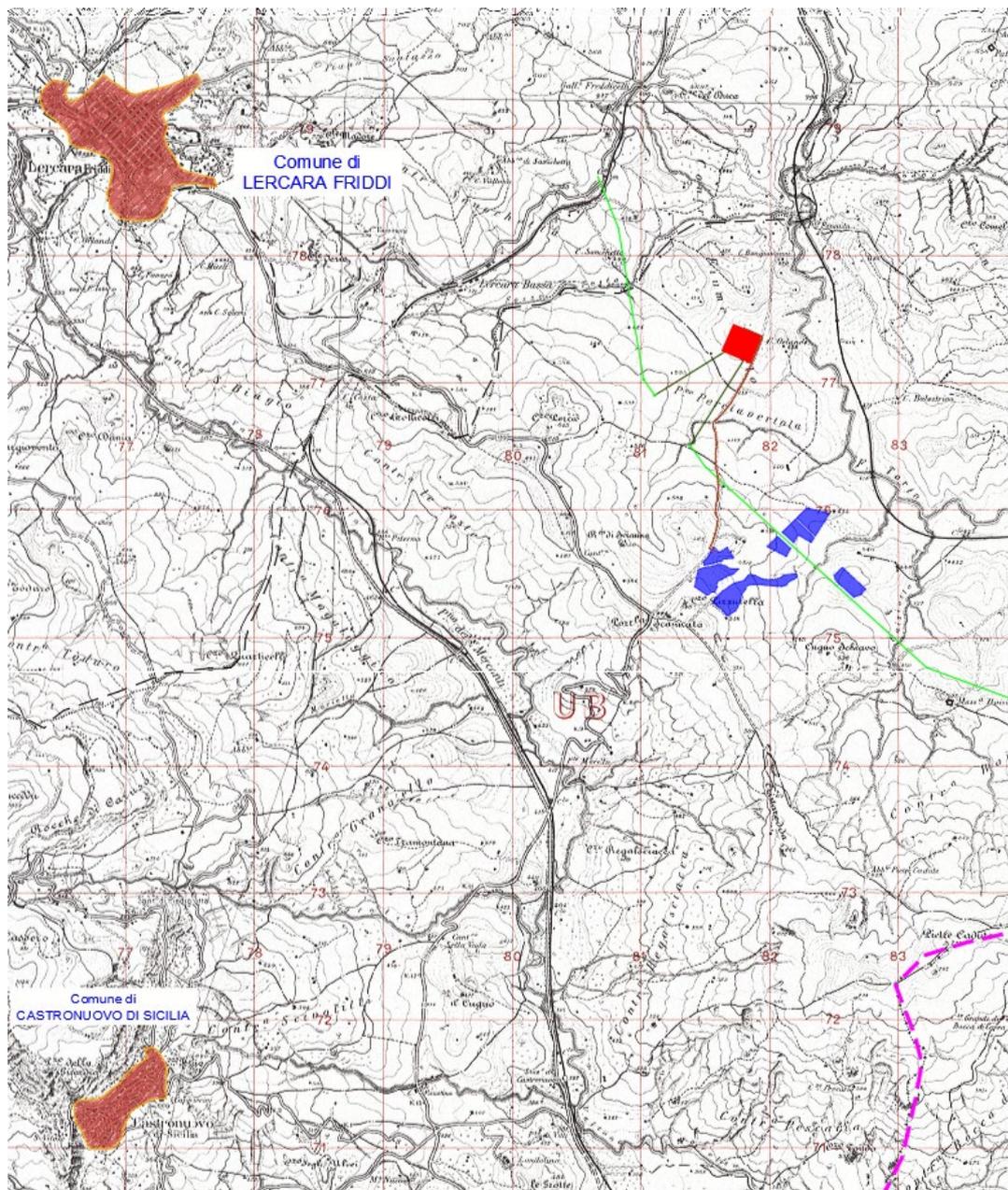


Figura 1. Inquadramento Generale su IGM

4 CABINA DI RACCOLTA E MISURA

Il sistema sarà costituito da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione delle Power Station (di cui si parlerà in seguito) dell'impianto agro-fotovoltaico e il loro controllo.

In particolare, il sistema sarà costituito da:

- Cavi MT tra Power Station ed il quadro MT a 36 kV;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione delle Power Station, collegate fra loro in modalità "entra-esce";
- Uno scomparto con interruttore automatico e sezionatore a protezione della rete a 36 kV del campo Agro-Fotovoltaico;
- Uno scomparto con interruttore automatico e sezionatore di scorta;
- Uno scomparto con IMS e fusibili a protezione del trasformatore di alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;
- Uno scomparto misura con IMS, fusibili e TV in MT.

All'interno del prefabbricato saranno installati inoltre gli apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto.

4.1 Caratteristiche apparati

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale: 36 kV
- Livello di isolamento:
 - Tensione a frequenza industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace): 70 kV
 - Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 µs) (cresta): 170 kV
- Corrente nominale di cortocircuito: 40 kA
- Tempo di estinzione del guasto: 0,5 s

Per il sistema a 36 kV all'interno della sottostazione si utilizzeranno cavi isolati e segregati in apposite canalizzazioni prefabbricate, collaudate e certificate dal Costruttore secondo procedure a norma di legge per il livello di isolamento indicato.

4.2 Celle a media tensione (36 kV)

Da punto di vista della struttura, queste celle saranno del tipo incapsulato metallico, isolate in SF6, per installazione all'interno.

Le celle da installare saranno le seguenti:

- N°3 celle di linea (con interruttore automatico);
- N°1 cella protezione trasformatore servizi ausiliari;
- N° 1 cella per alimentazione futura;
- N°1 cella per misure di tensione.

4.3 Servizi Ausiliari

Per i Servizi Ausiliari del Campo Agro-FV sono previsti diversi sistemi di alimentazione, sia in corrente alternata che in corrente continua, necessari per i sistemi di controllo, comando, protezione e misura.

In particolare, è stata prevista l'alimentazione di tutti i servizi ausiliari mediante:

- trasformatore 36/0,4 kV dedicato;
- trasformatore BT/BT delle Power Station;
- sistema raddrizzatore/inverter/batterie.

I servizi di corrente alternata e continua saranno alloggiati in diversi armadi destinati a realizzare le rispettive distribuzioni.

4.4 Control Room – Sistema di Monitoraggio

Verrà installato un sistema di monitoraggio e controllo basato su architettura SCADA in conformità alle specifiche della piramide CIM, al fine di garantire una resa ottimale dell'impianto fotovoltaico in tutte le situazioni. Il sistema sarà connesso a diversi sistemi e riceverà informazioni:

- di produzione del campo solare;
- di produzione degli apparati di conversione;
- di produzione e scambio dai sistemi di misura;
- di tipo climatico ambientale dalle stazioni di rilevamento dati meteo;
- di allarme da tutti gli interruttori e sistemi di protezione.

Il sistema di monitoraggio ambientale avrà il compito di misurare dati climatici e dati di irraggiamento sul campo fotovoltaico. I parametri rilevati puntualmente dalla stazione di monitoraggio ambientale saranno inviati al sistema di monitoraggio SCADA e, abbinati alle specifiche tecniche del campo FV, contribuiranno alla valutazione della producibilità teorica, parametro determinante per il calcolo delle performance dell'impianto FV.

I dati monitorati saranno gestiti e archiviati da un sistema di monitoraggio SCADA. Il sistema nel suo complesso avrà ottime capacità di precisione di misura, robusta insensibilità ai disturbi, capacità di auto-diagnosi e auto-tuning.

I dati ambientali monitorati saranno:

- dati di irraggiamento;
- dati ambientali;
- temperatura moduli.

5 MISURA DELL'ENERGIA ELETTRICA

L'impianto elettrico previsto garantisce la possibilità di effettuare misure dell'energia elettrica assorbita ed immessa nei seguenti punti:

- Nel Campo Agro-Fotovoltaico, negli inverter centralizzati, in corrispondenza della linea di collegamento con la Cabina di Raccolta – Totalizzatore energia lorda prodotta;
- Sul Lato MT a 36 kV in corrispondenza della Cabina di Raccolta, Totalizzatore energia prodotta al netto delle perdite del campo Agro-Fotovoltaico;
- Sul lato MT a 36 kV della SE, in corrispondenza della linea di collegamento con la Cabina di Raccolta – Totalizzatore energia prodotta al netto delle perdite della linea.

6 IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO

L'impianto prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici bifacciali montati su strutture atte a garantire la massima captazione di irraggiamento seguendo il percorso solare e consentendo, di conseguenza, ai moduli di essere sempre nella posizione ottimale di lavoro. Tali strutture sono dette "tracker" o "inseguitori solari", proprio per questa loro caratteristica funzionale.

Si vuole evidenziare il ricorso ad un ulteriore sistema di efficientamento produttivo del campo fotovoltaico: il sistema di Backtracking, il quale consente di ridurre le perdite per auto-ombreggiamento, cioè le perdite da ombreggiamento indotto dai tracker stessi alle file retrostanti. Ciò avviene per mezzo di un sistema logico-adattivo che gestisce contemporaneamente piccoli gruppi di tracker, al fine di ottimizzare dunque le prestazioni del campo FV.

Nelle seguenti tabelle si riportano le principali caratteristiche generali d'impianto:

Tabella 1. Caratteristiche generali d'impianto

| | |
|---------------------------------------|---|
| Temperatura Verifica minima (°C) | 0 |
| Temperatura Verifica max (°C) | 60 |
| Soluzione Progettuale | Tracker in configurazione 2P (Portrait) |
| Margine altezza tracker dal suolo [m] | 0,4 |
| Max Inclinazione Tracker [°] | ± 55 |
| Tipologia | Agro-Fotovoltaico |
| Pitch [m] | 9,8 |

6.1 Layout e Configurazione d'Impianto

Si riporta di seguito un estratto dall'allegato FV.CST01.PD.B.02 – "Corografia generale su Ortofoto e CTR con indicazione interdistanze tra impianti", in cui sono messi in luce:

- Campo FV;
- Cavidotto:
 - Interno, relativo al campo FV;
 - Esterno, che dalla Cabina di Raccolta arriva alla sezione a 36 kV della Futura SE

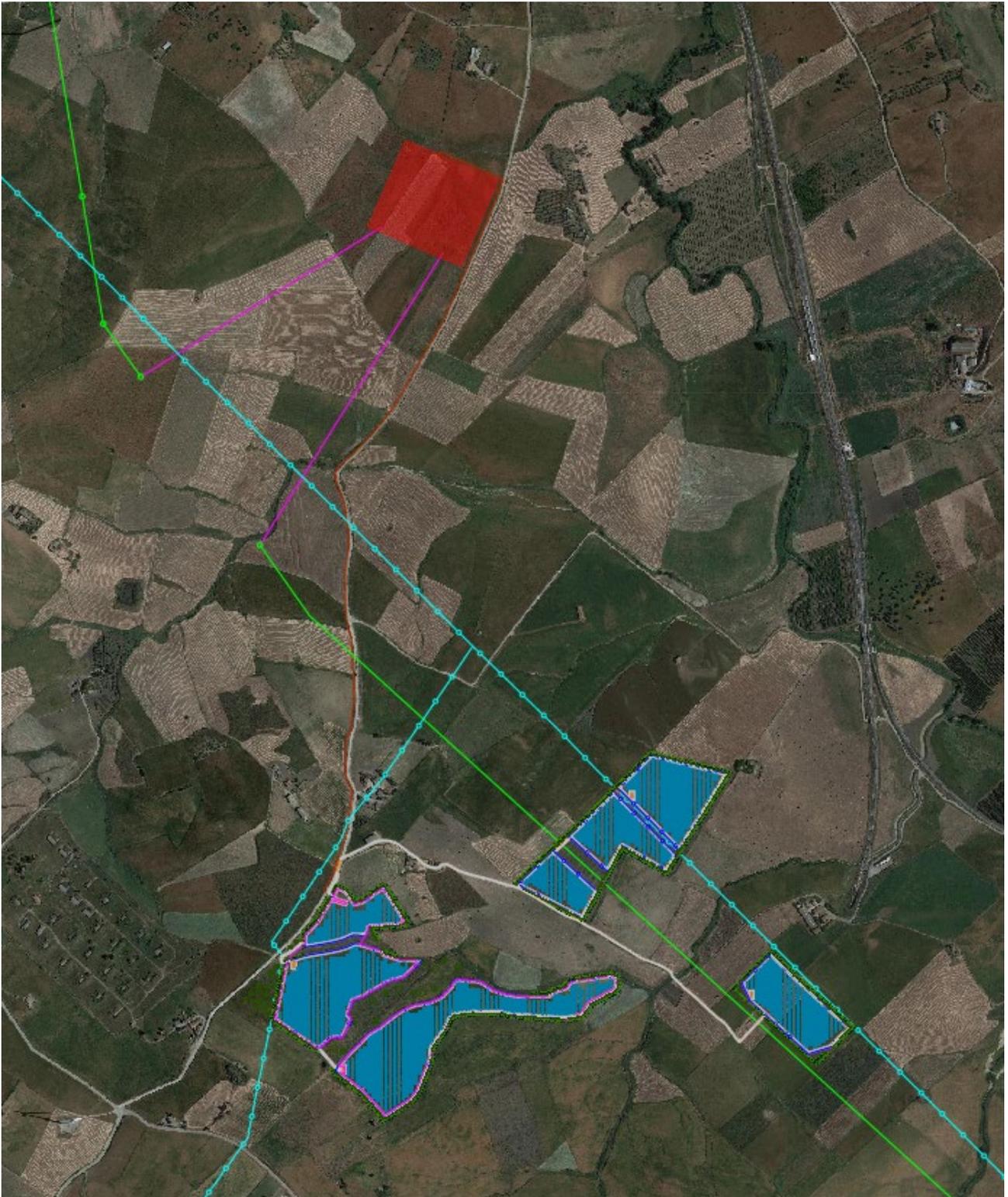


Figura 2. Layout completo dell'impianto Agro-fotovoltaico su ortofoto

Focalizzando l'attenzione sul solo campo FV, per la conformazione dell'impianto, si è deciso di proseguire per una suddivisione in sottocampi, come evidenziato nel layout seguente:

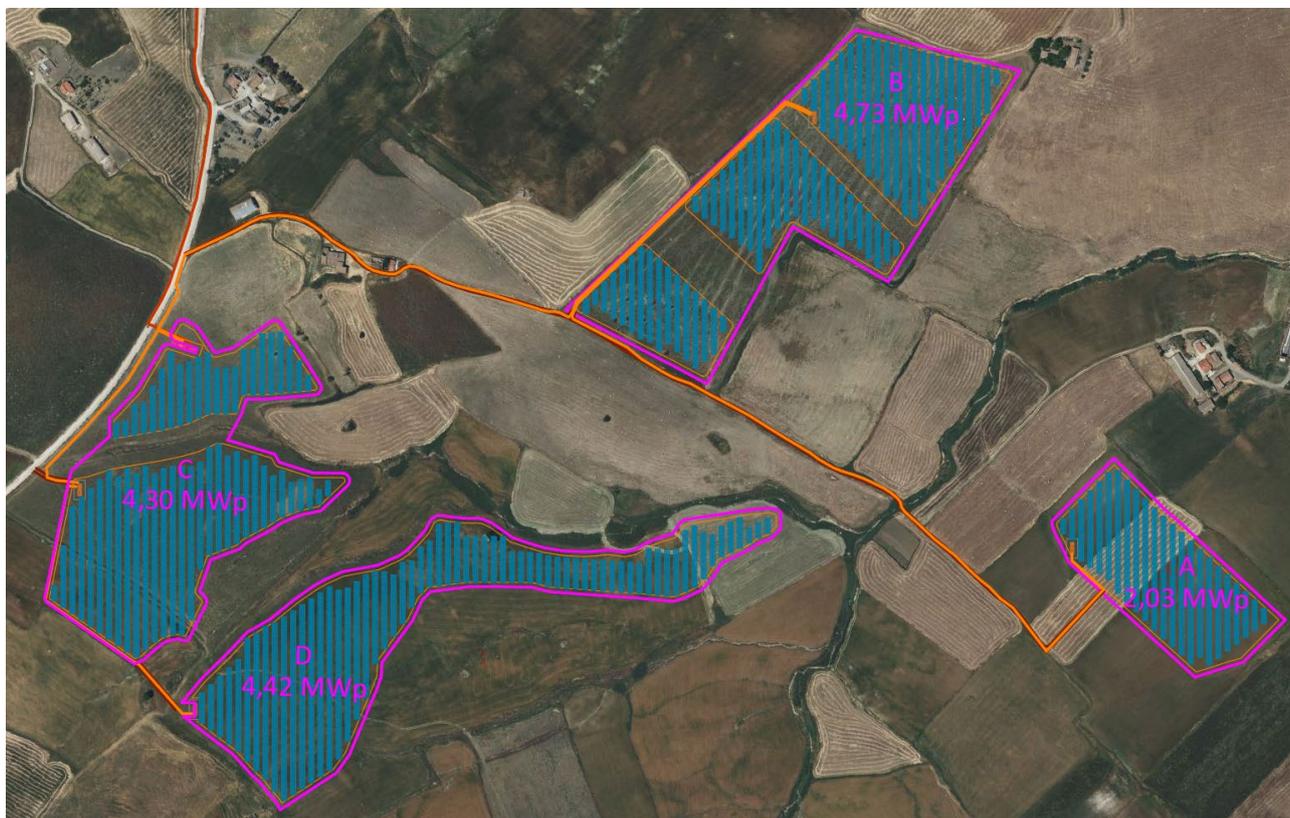


Figura 3. Layout del campo Agro-fotovoltaico e suddivisione in sottocampi

Si riporta di seguito una sintesi tecnica dell'impianto per ogni sottocampo:

Tabella 2. Sintesi Impianto Agro-Fotovoltaico

| | Sottocampo A | Sottocampo B | Sottocampo C | Sottocampo D |
|-------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tipologia di Pannelli | Hi-MO5m LR5 72HBD 550M | | | |
| N° Pannelli x Stringa | 28 | | | |
| Applicazione | Agro FV | | | |
| N° Tracker/Stringhe | 132 | 307 | 279 | 287 |
| Totale Tracker/Stringhe | 1005 | | | |
| N° Pannelli | 3696 | 8596 | 7812 | 8036 |
| Totale Pannelli | 28140 | | | |
| N° QdS | 11 | 26 | 24 | 24 |
| Totale QdS | 85 | | | |

| | | | | |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Potenza [kWp]</i> | 2032,8 | 4727,8 | 4296,6 | 4419,8 |
| <i>Potenza Totale [MWp]</i> | 15,48 | | | |
| <i>Tipologia Inverter</i> | 1800TL B690 | 1400TL B578 | 1400TL B690 | 1400TL B690 |
| <i>N° Inverter x PS</i> | 1 | 3 | 3 | 3 |
| <i>N° Power Station (PS)</i> | 4 | | | |
| <i>Potenza [kWac] a $\cos \varphi = 0,95$.</i> | 1703,35 | 4727,8 | 4296,6 | 4419,8 |
| <i>Sovraccaricabilità [%] a $\cos \varphi = 0,95$</i> | 119% | 118% | 107% | 111% |
| <i>Potenza Totale [MWac] $\cos \varphi = 0,95$</i> | 13,70 | | | |
| <i>Potenza [kWac] a $\cos \varphi = 1$</i> | 1793 | 4209 | 4209 | 4209 |
| <i>Sovraccaricabilità [%] a $\cos \varphi = 1$</i> | 113% | 112% | 102% | 105% |
| <i>Potenza Totale [MWac] $\cos \varphi = 1$</i> | 14,42 | | | |

6.2 Tecnologia di Progetto

6.2.1 Modulo FV

I moduli fotovoltaici (o pannelli solari) sono costituiti da celle solari (o celle fotovoltaiche), semiconduttori che convertono l'energia della luce solare incidente in elettricità tramite l'effetto fotovoltaico. Si tratta di una tipologia di cellula fotoelettrica, le cui caratteristiche elettriche, cioè corrente, tensione e resistenza, possono variare quando è esposta alla luce. Il progetto prevede l'utilizzo di moduli FV bifacciale.

Il modulo fotovoltaico bifacciale è un particolare tipo di pannello che riesce a generare energia da entrambi i lati della cella fotovoltaica, aumentando in tal modo la produzione di energia rispetto a un modulo fotovoltaico standard. Il termine che indica la capacità della cella fotovoltaica di sfruttare la luce sia frontalmente che posteriormente viene definito, appunto, "bifaccialità": un fenomeno reso possibile, in fisica, dal cosiddetto Fattore di Albedo della superficie su cui i moduli vengono installati.

L'albedo è l'unità di misura che indica la capacità riflettente di un oggetto o di una superficie. Solitamente viene espressa con un valore da 0 a 1, che può variare a seconda dei singoli casi. Ad esempio:

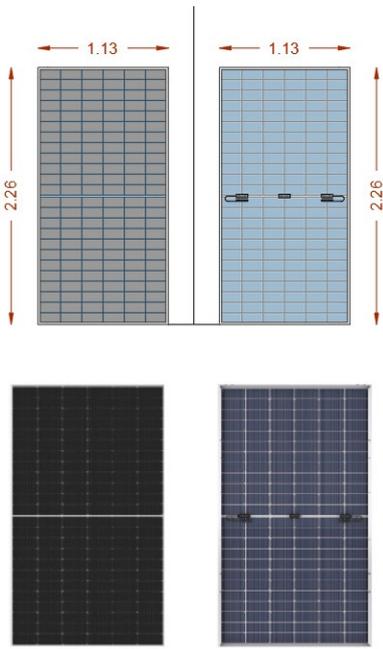
- neve e ghiaccio hanno un alto potere riflettente, quindi un Fattore di Albedo pari a 0,75;
- superfici chiare di edifici (in mattoni o vernici chiare) possono raggiungere anche lo 0,6;
- superfici scure di edifici (in mattoni o vernici scure) vedono un dato più ridotto (attorno allo 0,27).

Maggiore è l'albedo di una superficie, maggiore è la quantità di luce che è in grado di riflettere: di conseguenza, anche la produzione di energia dei pannelli fotovoltaici bifacciali sarà più o meno elevata.

I moduli, catturando la luce riflessa sulla parte posteriore, garantiscono un incremento di produzione che può oscillare tra il 10 e il 25% in più rispetto a un modulo mono-facciale a seconda dell'albedo. Proprio per questi motivi i moduli bifacciali si candidano a rivestire un ruolo di primo piano nei prossimi anni. L'appeal di questi prodotti li rende versatili per diversi tipi di installazioni: grandi tetti piani con superfici riflettenti, pensiline fotovoltaiche per il ricovero e la ricarica dei veicoli elettrici, installazioni agro-fotovoltaiche, impianti galleggianti o integrati nelle facciate degli edifici sono alcuni esempi.

Ritornando alla tecnologia progettuale, nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche dei moduli FV ipotizzati:

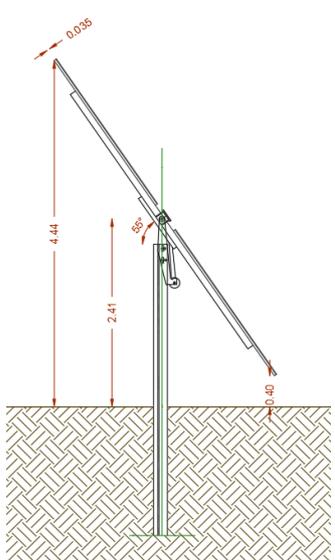
Tabella 3. Modulo FV

| Brand / Modello | Longi / Hi-MO5m LR5 72HBD 550M |  |
|--|-----------------------------------|---|
| Potenza [Wp] | 550 | |
| Tensione Vmp @ 25°C [V] | 41,95 | |
| Tensione Voc @ 25°C [V] | 49,8 | |
| Corrente Imp [A] | 13,12 | |
| Corrente Isc [A] | 13,99 | |
| Coefficiente di Temperatura Voc [%/°C] | -0,27 | |
| Coefficiente di Temperatura Vmp [%/°C] | -0,34 | |
| Rendimento [%] | 23,17 | |
| Dimensione maggiore [mm] | 2256 | |
| Dimensione minore [mm] | 1133 | |
| Spessore [mm] | 35 | |
| Peso [kg] | 32,3 | |

6.2.2 Tracker mono-assiale

I tracker (o inseguitori solari) ipotizzati garantiscono compatibilità totale con i moduli FV sopra indicati. Di seguito una tabella riepilogativa con le caratteristiche chiave e un disegno preliminare della struttura:

Tabella 4: Tracker/Stringa

| | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|--|
| Brand / Modello | Convert / TRJ |  |
| Tipologia | 2 Portrait (2P) | |
| Tecnologia | Mono-assiale con backtracking | |
| Angolo di Rotazione | $\pm 55^\circ$ | |
| Massima inclinazione terreno N-S | 15% (8° ca) | |
| Numero di moduli per Tracker/Stringa | 2x14 | |
| Lunghezza Tracker [m] | 16,29 | |
| Larghezza [m] | 4,91 | |
| Altezza del fulcro dal suolo [m] | 2,412 | |
| Pitch [m] | 9,8 | |

Si riportano alcuni dettagli della tavola “FV.CST01.PD.F.01 - Particolari costruttivi tracker e pannelli FV Pianta, prospetti e sezione”:

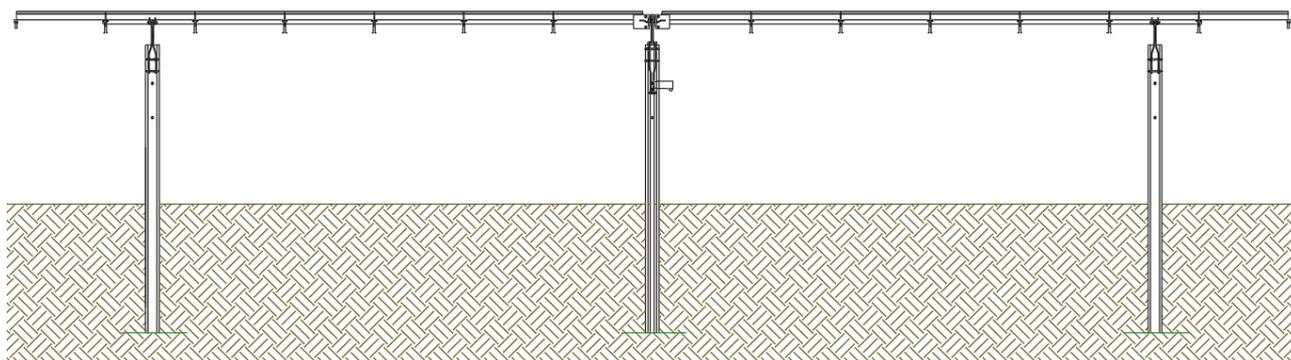


Figura 4. Tracker 2P - Vista Longitudinale in condizione di riposo

Il sistema “tracker + moduli FV”, avrà quest’aspetto:

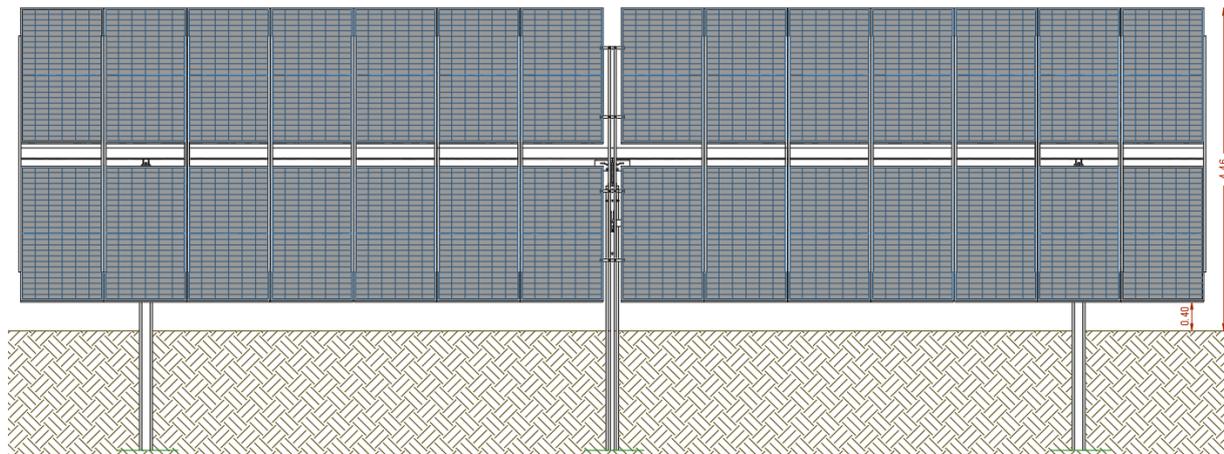


Figura 5. Tracker 2P con Moduli FV - Vista Longitudinale

6.2.3 Quadro di Stringa

I cavi DC in uscita dai tracker verranno indirizzato ad appositi quadri di stringa: ogni quadro di stringa avrà a disposizione un numero di input limitato ove verranno collegati i cavi in uscita dalle varie stringhe.

Disponibile in modelli da 8 a 24 ingressi e con una tensione massima DC di 1500 V, è stato scelto il quadro di stringa prodotto da INGETEAM, gli INGECON SUN 12B. I quadri della serie INGECON SUN sono inoltre caratterizzati dalla presenza all'interno di portafusibili in DC, fusibili in DC, scaricatori di sovratensione DC indotti da fulmini e interruttore sezionatore sotto carico:

Tabella 5. Quadri di Stringa

| Brand / Modello | INGEAM / INGECON SUN StringBox 12B |
|---|---------------------------------------|
| N° max di input FV | 12 |
| Corrente di corto-circuito I_{sc} [A] | 13,98 |
| Corrente di impiego I_{mp} [A] | 13,12 |
| Corrente max di corto-circuito [A] | 167 |
| Tensione max [V] | 1500 |
| Fusibile | Uno per polo |
| Scaricatore | Tipo I e II |
| Sezionatore DC | 250 A, 2 poli |
| Peso [kg] | 40 |
| Dimensioni (L x A x P) [mm] | 930 x 730 x 260 |



6.2.4 Inverter Centralizzato

In fase progettuale si è cercato di uniformare la tecnologia inverter da utilizzare a vantaggio dell'economicità e in modo da facilitare la manutenzione. Si riportano di seguito le caratteristiche principale dei due modelli utilizzati in fase di dimensionamento preliminare:

Tabella 6. Inverter interni alle Power Station (PS)

| Brand / Modello | INGETEAM / 1400TL B540 | INGETEAM / 1800TL B690 |
|---|------------------------|------------------------|
| Potenza Nominale in Input da Stringa FV [kWp] | 1389 | 1775 |
| Potenza Massima in Input da Stringa FV [kWp] | 1824 | 2330 |
| Vmpp min [V] | 769 | 977 |
| Vmpp max [V] | 1300 | |
| Tensione Massima [V] | 1500 | |
| Massima corrente [A] | 1870 | |
| Potenza di uscita [kVA] @ 30°C | 1403 | 1793 |
| Tensione di uscita [V] | 540 (Sistema IT) | 690 (Sistema IT) |



6.2.5 Power Station

Ogni Power Station effettua una trasformazione continua/alternata in BT per mezzo degli inverter prima indicati e, successivamente, con l'ausilio di trasformatori BT/MT eleva la tensione a 36 kV.

Tabella 7. Power Station

| Brand / Modello | INGECON / SUN FSK | |
|----------------------------|-------------------|---------------|
| Tipo | 1800 B SERIES | 4200 B SERIES |
| N° Inverter | 1 | 3 |
| Potenza Output [kVA] @30°C | 1793 | 4209 |
| Tensione Trafo lato BT [V] | 690 | 540 |
| Tensione Trafo lato MT [V] | 36 | |



Le Power Station con la configurazione “entra-esce” permettono di collegare diversi sottocampi dislocati geograficamente. Uno schema elettrico tipo di una Power Station è il seguente:

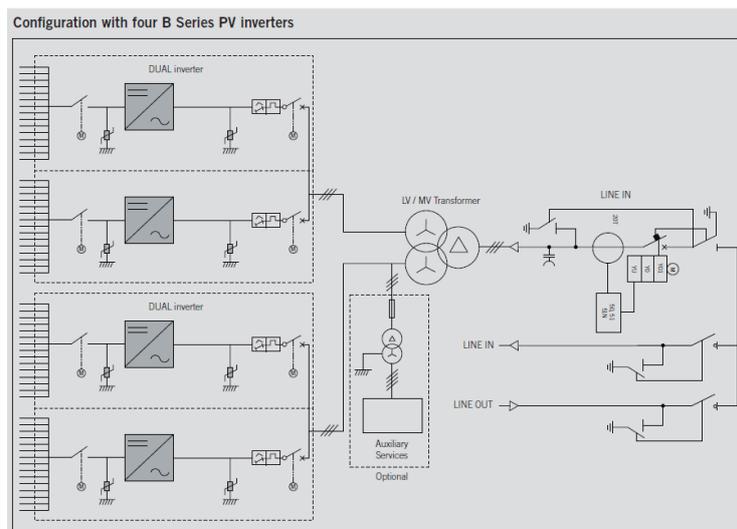


Figura 6. Schema Elettrico Unifilare Power Station

7 CONNESSIONI INTERNE AL CAMPO AGRO-FOTOVOLTAICO IN DC

L'utilizzo di moduli FV prevede necessariamente la circolazione di energia in DC interna al campo Agro-FV, prima di poter essere trasformata in BT ed elevata successivamente in MT in Power Station dedicate. In considerazione delle connessioni progettate e dimensionate, si andranno ad utilizzare due tipologie di cavi in condizioni di posa differenti:

- *H1Z2Z2-K*: Cavo solare "in aria" per la connessione fisica fra i moduli FV e il Quadro di Stringa dedicato;
- *ARG16R16*: Cavo BT (DC) "interrato" per la connessione fra il Quadro di Stringa e gli Inverter Centralizzati disposti internamente alle Power Station.

7.1 Cavo Solare H1Z2Z2-K

Si riporta di seguito un'immagine caratteristica del cavo in esame:



Figura 7. Cavo Solare H1Z2Z2-K

Questi cavi unipolari flessibili stagnato si adoperano per l'interconnessione di elementi di impianti fotovoltaici in quanto, oltre ad una tensione massima di 1800 V in continua, hanno un'elevata adattabilità alle condizioni ambientali esterni. Infatti sono adatti sia per l'installazione fissa all'esterno che all'interno, entro tubazioni in vista o incassate o in sistemi chiusi similari; sono adatti sia per la posa direttamente interrata che entro tubo interrato e possono essere utilizzati con apparecchiature di classe II. Sono caratterizzati da proprietà meccaniche ottimali in un intervallo di temperatura di esercizio da - 40 a + 90 °C, elevata resistenza all'abrasione, alla lacerazione, ai raggi UV, all'ozono, all'acqua, non propagazione della fiamma, basso sviluppo di fumi, assenza di alogeni, resistenza agli agenti atmosferici che ne permette una durata almeno pari alla vita dell'impianto fotovoltaico

Le loro caratteristiche sono di seguito riportate:

- Conduttore: Rame stagnato ricotto, classe 5;

- Isolante e Guaina esterna: miscela LSOH (Low Smoke Zero Halogen) di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50617, non propagante la fiamma, qualità Z2;
- Colore anime: nero;
- Colore guaina: blu, rosso, nero

I cavi tra i moduli a formare le stringhe saranno opportunamente fissati alla struttura tramite fascette, e comunque canalizzati in modo da essere a vista. Discorso analogo vale per il collegamento tra tali cavi e i quadri di stringa.

7.2 Cavo BT (DC) ARG16R16

Si riporta di seguito un'immagine caratteristica del cavo in esame:



Figura 8. Cavo BT ARG16R16 0,6/1 kV

Tali cavi sono stati impiegati poiché adatti per il trasporto di energia nell'industria, nei cantieri, nell'edilizia residenziale; inoltre ammettono la posa interrata anche se non protetta. Essi sono impiegati per installazione fissa all'interno e all'esterno, su murature e strutture metalliche, su passerelle, tubazioni, canalette e sistemi similari.

Date le proprietà di limitare lo sviluppo del fuoco e l'emissione di calore, il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile. Essi hanno le seguenti caratteristiche costruttive:

- Conduttore: in alluminio, in corda rigida rotonda compatta, classe 2;
- Isolamento: in gomma, qualità G16;
- Cordatura Totale: i conduttori isolati sono cordati insieme;
- Guaina Riempitiva: in materiale termoplastico;
- Guaina Esterna: in PVC (Polivinilcloruro), qualità R16;

8 LINEE MT DI INTERCONNESSIONE CAMPO AGRO-FOTOVOLTAICO – SE

8.1 Cavidotto Interno ed Esterno

Il “cavidotto interno” realizza la connessione elettrica interna al campo FV in a 36 kV tra le Power Station, in collegamento “entra-esce”, e tra le Power Station e la Cabina di Raccolta.

Nella Figura 9, si riporta il collegamento in “entra-esce” fra le PS dei Sottocampi A e B, da cui parte un nuovo cavidotto a 36 kV interrato per la Cabina di Raccolta.

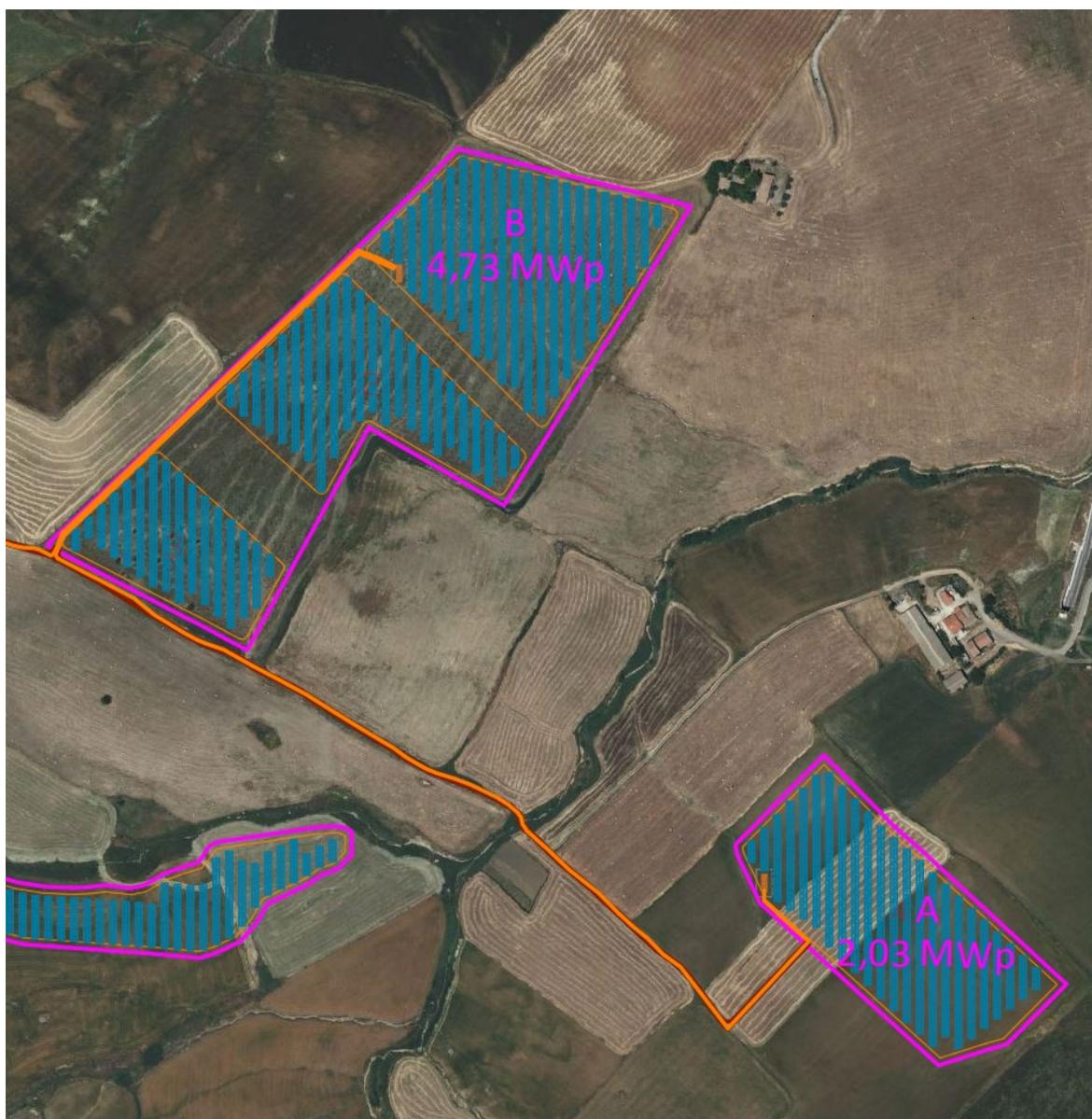


Figura 9. Collegamento entra-esce PS Sottocampo A e Sottocampo B

In Figura 10, invece, si riporta il collegamento in “entra-esce” fra le PS dei Sottocampi D e C, da cui parte un nuovo cavidotto a 36 kV interrato per la Cabina di Raccolta:

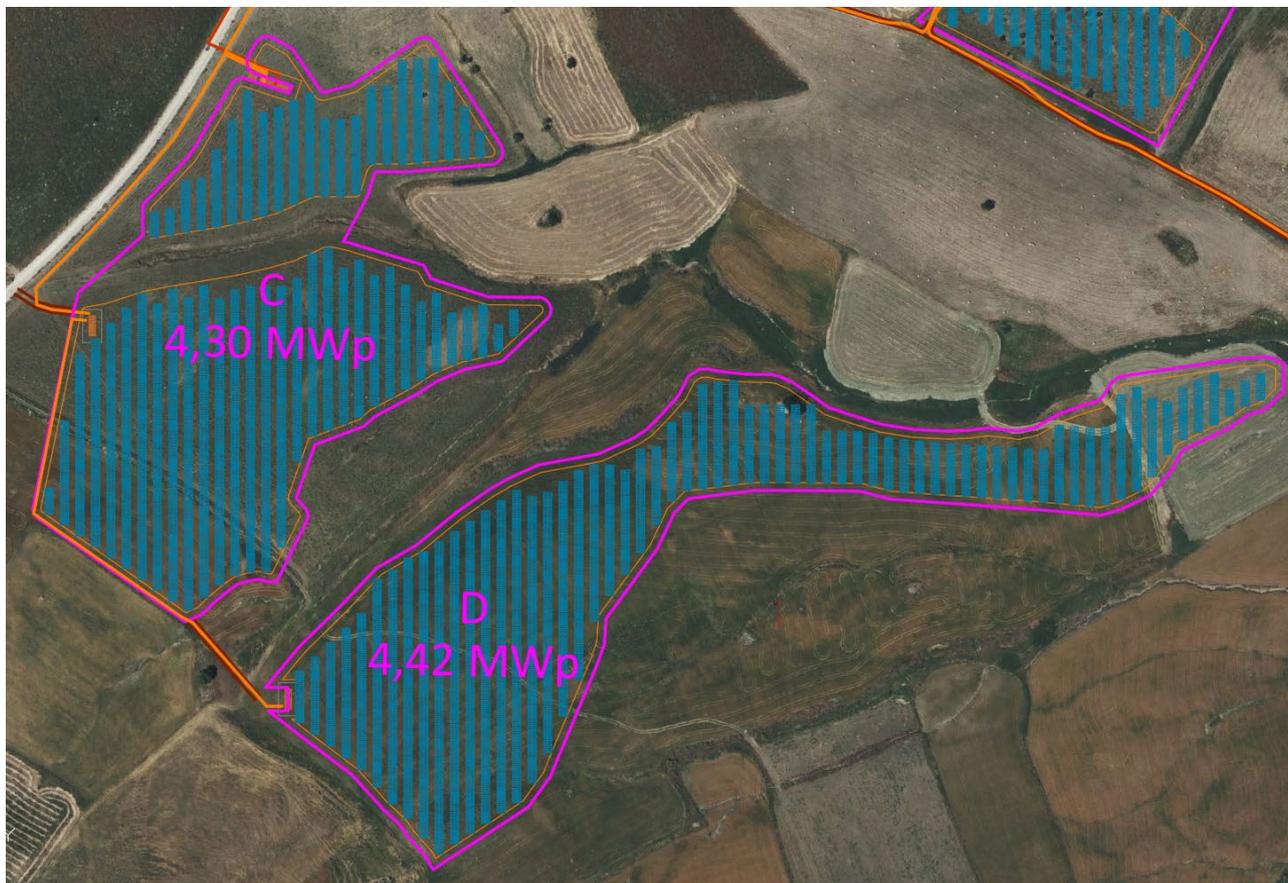


Figura 10. Collegamento entra-esce PS Sottocampo D e Sottocampo C

Il “cavidotto esterno” collega l’impianto agro-fotovoltaico alla Stazione Elettrica 36/150 kV, come si evidenzia dalla Figura 2.

8.2 Tipologia Cavi

Per il collegamento elettrico a 36 kV, si prevede l’utilizzo di cavi unipolari di tipo ARE4H5E-20,8/36 kV, aventi le seguenti caratteristiche:

- Anima realizzata con conduttore a corda rotonda compatta di alluminio;
- Semiconduttore interno a mescola estrusa;
- Isolante in mescola di polietilene reticolato per temperature a 85°C XLPE;
- Semiconduttore esterno a mescola estrusa;
- Rivestimento protettivo realizzato con nastro semiconduttore igroespandente;

- Schermo a nastro in alluminio avvolto a cilindro longitudinale ($R_{max} = 3 \Omega/km$);
- Guaina in polietilene, colore rosso.

Il cavo rispetta le prescrizioni delle norme HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta la IEC 60502-2.

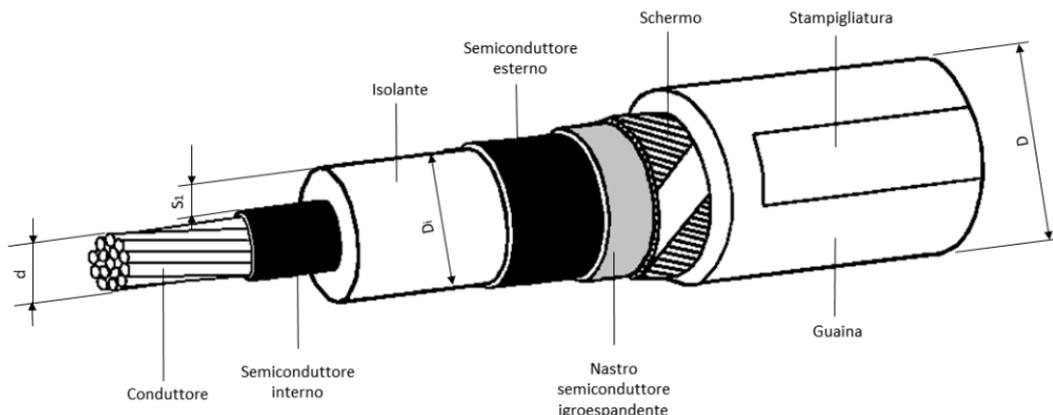
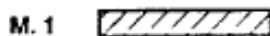


Figura 11. Immagine indicativa del tipo di Cavo

8.3 Tipologia Posa

Il cavidotto a 36 kV che interessa il collegamento tra il campo agro-fotovoltaico, la cabina di raccolta e la Stazione Elettrica seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17. Sarà costituito da cavi unipolari direttamente interrati (modalità di posa tipo M), ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato (modalità di posa N). La posa verrà eseguita ad una profondità di 1,25 m.



M - Cavi direttamente interrati, con protezione meccanica supplementare: lastra piana (M. 1) oppure apposito tegolo (M. 2)

N - Cavi in tubo interrato

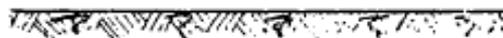


Figura 12. Modalità di Posa (CEI 11-17)

Il tracciato del cavidotto, che segue la viabilità prima definita, è realizzato nel seguente modo:

E-WAY 5 S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

- Scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con dimensioni variabili;
- Letto di sabbia di circa 10 cm, per la posa delle linee MT avvolte ad elica;
- Rinfiando e copertura dei cavi MT con sabbia per almeno 10 cm;
- Corda nuda in rame (o in alluminio) per la protezione di terra (avente, come previsto da norma CEI EN 61936-1, una sezione maggiore o uguale di 16 mm^2 per il rame e 35 mm^2 nel caso di alluminio), e tubazioni PVC per il contenimento dei cavi di segnale e della fibra ottica, posati direttamente sulla sabbia, all'interno dello scavo;
- Riempimento per almeno 20 cm con sabbia;
- Inserimento per tutta la lunghezza dello scavo, e in corrispondenza dei cavi, delle tegole protettive in plastica rossa per la protezione e individuazione del cavo stesso;
- Nastro in PVC di segnalazione;
- Rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte.

In figura, si riporta una sezione generica del cavidotto:

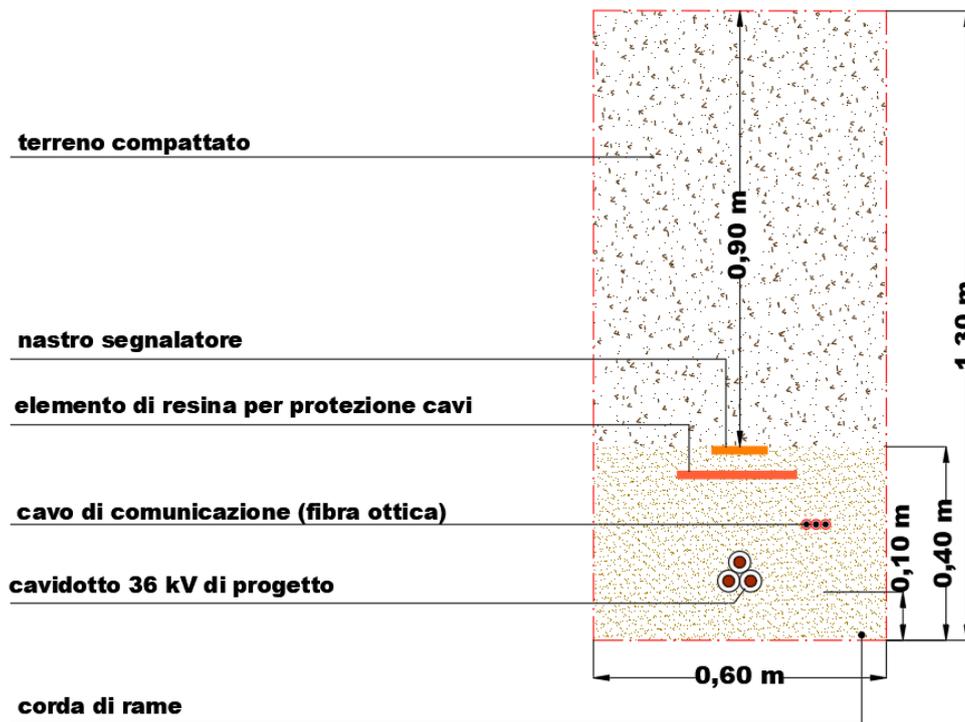


Figura 13. Sezione Cavidotto Singola Terna su Terreno

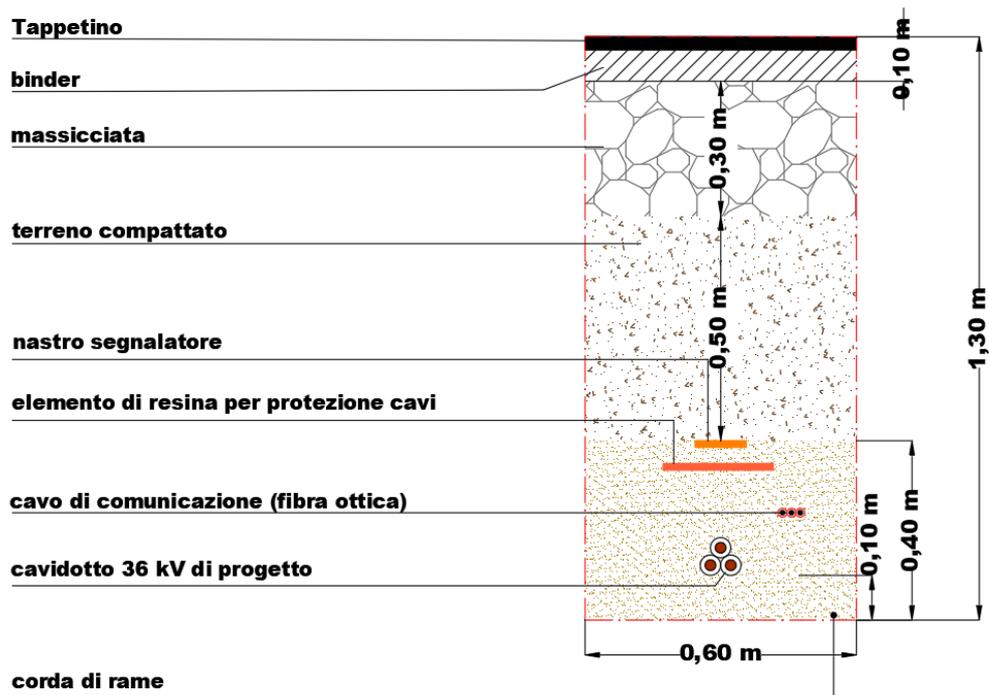


Figura 14. Sezione Cavidotto Singola Terna su Strada Asfaltata

Si rimanda alla Tavola "FV.CST01.PD.E.01 – Layout di progetto su CTR in fase di cantiere" per ulteriori dettagli.

9 DIMENSIONAMENTO CAVI DC

Per la scelta dei cavi della parte in corrente continua, si può assumere cautelativamente una tensione¹ di $1,2 U_{oc}$, dove U_{oc} è la tensione a vuoto della stringa in condizioni di prova standard². Il vincolo che deve essere verificato è che:

$$1,5 U_o \geq 1,2 U_{oc}$$

con U_o : tensione di fase verso terra (coincidente alla tensione nominale per sistemi isolati da terra).

Siccome il sistema deve poter sopportare $1500 V_{cc}$, il cavo deve essere designato come $U_o/U - 1 \text{ kV} / 1 \text{ kV}$ garantendo il rispetto della disuguaglianza precedentemente scritta.

Prendendo a riferimento la "CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione" è possibile individuare due condizioni da rispettare per il dimensionamento a "regola d'arte" dei cavi in DC:

1. La caduta di tensione massima deve rientrare nel 2% (anche se è buona regola indicare come soglia l'1%);
2. Il dimensionamento dei cavi deve essere fatto considerando una corrente che è $1,25 \times I_{sc}$ (Corrente di cortocircuito del modulo FV) in qualsiasi punto³ in maniera tale da omettere la protezione contro i sovraccarichi.

9.1 Cavo Parallelo Stringhe – Quadro di Stringa

Per il dimensionamento dei cavi in DC per la connessione tra i moduli FV e i Quadri di Stringa (QdS), si è fatto riferimento alla normativa "CEI EN 50618 – Cavi Elettrici per Impianti Fotovoltaici". In particolare, oltre ad individuare la portata I_0 del cavo H1Z2Z2-K nota la condizione di posa, individua due fattori correttivi da applicare affinché si verifichi:

$$I_z \geq K_T \cdot K_n \cdot I_0 \geq I_b = 1,25 \times I_{sc}$$

dove:

¹ IEC TS 62257-7-1, art 6.1.4.2.

² $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, Irraggiamento = 1000 W/m^2

³ CEI 64-8, art 712.433

- K_T è il fattore di conversione per corrente nominale per diverse temperature ambientali;
- K_N è il fattore di correzione per installazioni di gruppo⁴.

Si riportano i dati significativi per il dimensionamento del cavo in DC di connessione tra le stringhe e il Quadro di Stringa:

Tabella 8. Dati per Dimensionamento cavi DC per collegamento moduli FV

| | |
|---|-----------------------------------|
| <i>Modello Modulo FV</i> | Hi-MO5m LR5 72HBD 550M |
| <i>Corrente I_{SC} @ STC [A]</i> | 13,98 |
| <i>Tensione V_{oc} @ STC [V]</i> | 49,8 |
| <i>Moduli per Stringa</i> | 28 |
| <i>Temperatura ambientale [°C]</i> | Fino a 60°C |
| <i>N° stringhe per Quadro di Stringa</i> | 12 |
| <i>Tipo di Posa</i> | Due cavi a contatto su superficie |
| <i>Massima Caduta di Tensione</i> | 2% (30 V) |

In queste condizioni, i fattori correttivi da applicare sono:

- $K_T = 1$;
- $K_N = 0,45$.

Considerando che per Quadro di Stringa ci sono 12 input, si andranno a connettere 12 stringhe. Il cavo scelto risulta immediatamente idoneo in termini di tensione in quanto:

$$1,5 \cdot 1 \text{ kV} = 1500 \text{ V} \geq 1,2 \cdot 49,8 \text{ V} \cdot 12 = 717,12 \text{ V}$$

Si ipotizza che la distanza media di un tracker dal QdS dedicato sia di 80 m. Si riportano di seguito i valori scelti per il cavo in esame:

Tabella 9. Dati cavo H12222-K scelto

| | |
|---|------|
| <i>Sezione [mm²]</i> | 4 |
| <i>Resistenza [Ω/km] @ 90°C</i> | 5,79 |

⁴ HD 60364-5-32:2011, Tabella B.52.17

| | |
|------------------------------|------|
| Portata I_0 [A] | 44 |
| Corrente effettiva I_z [A] | 19,8 |

È facile verificare che, con una sovraccaricabilità del 125%, è verificata la condizione 2 precedente:

$$I_z = 19,8 A \geq I_b = 1,25 \cdot 13,98 A = 17,48 A$$

Inoltre, definita la distanza media della stringa dal QdS, è garantito anche il rispetto della massima caduta di tensione ammissibile:

$$\Delta V = 2 \cdot r \cdot l \cdot I_b = 2 \cdot 5,79 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,08 km \cdot 17,48 A = 16,19 V < 30 V$$

Possiamo concludere che la sezione scelta è sufficiente (a maggior ragione essendoci posti in condizioni cautelative e nell'ipotesi di pieno carico) per garantire la connessione dei moduli FV al Quadro di Stringa.

9.2 Cavo Quadro di Stringa – Inverter Centralizzati

Per il cavo di collegamento tra il Quadro di Stringa e gli Inverter Centralizzati interni alle Power Station si adopera il cavo ARG16R16, utile per lo il trasporto di energia in BT (o DC). Per questa tipologia di cavo, oltre alla modalità di posa che definisce la portata I_0 , si individuano quattro fattori correttivi⁵ da applicare affinché si verifichi:

$$I_z \geq K_T \cdot K_N \cdot K_P \cdot K_R \cdot I_0 \geq I_b = 1,25 \times N \cdot I_{sc}$$

Dove:

- N rappresenta il numero di stringhe che arrivano nel QdS;
- K_T è il coefficiente di correzione per posa interrata e temperature ambientali diverse dai 20 °C;
- K_N è il coefficiente di correzione per gruppi di più circuiti;
- K_P è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversa da 0,8 m;
- K_R è il coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da 1,5 K m/W.

⁵ CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

Si riportano i dati significativi per il dimensionamento del cavo in BT (DC) per la connessione tra i Quadri di Stringa e l'Inverter:

Tabella 10: Dati per Dimensionamento cavi BT (DC) per collegamento Quadri di Stringa

| | |
|--|-------------------|
| <i>N° Input per QdS</i> | 12 |
| <i>Corrente QdS I_b [A]</i> | 209,70 |
| <i>Tipo di Posa</i> | Interrata in Tubo |
| <i>Temperatura di Posa [°C]</i> | 35 |
| <i>N° Conduttori nello scavo</i> | 6 |
| <i>Distanza tra circuiti [mm]</i> | 250 |
| <i>Profondità di Posa [m]</i> | 0,8 |
| <i>Resistività Termica [K m/W]</i> | 1,5 |
| <i>Massima Caduta di Tensione</i> | 2% (30 V) |

In queste condizioni, i fattori correttivi da applicare sono:

- $K_T = 0,89$;
- $K_N = 0,7$;
- $K_p = 1$;
- $K_r = 1$.

Si ipotizza che la distanza media di un QdS dalla PS dove è inserito l'inverter sia di 100 m circa. Si riportano di seguito i valori scelti per il cavo in esame:

Tabella 11. Dati cavo ARG16R16 scelto

| | |
|---|------|
| <i>Sezione [mm²]</i> | 300 |
| <i>Cavi in parallelo</i> | 1 |
| <i>Resistenza [Ω/km] @ 20°C</i> | 0,16 |
| <i>Portata I_0 [A]</i> | 370 |
| <i>Corrente effettiva I_z [A]</i> | 231 |

È facile verificare che, con una sovraccaricabilità del 125%, è verificata la condizione precedente:

$$I_z = 231 \geq I_b = 1,25 \cdot 12 \cdot 17,39 = 209,85 A$$

Inoltre, definita la distanza media del QdS dalla Power Station, è garantito anche il rispetto della massima caduta di tensione ammissibile:

$$\Delta V = 2 \cdot r \cdot l \cdot I_b = 2 \cdot 0,16 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,1 km \cdot 209,85 = 6,59 V < 30 V$$

Possiamo concludere che la sezione scelta è sufficiente (a maggior ragione essendoci posti in condizioni cautelative e nell'ipotesi di pieno carico) per garantire la connessione dei QdS agli inverter delle PS.

10 DIMENSIONAMENTO CAVI 36 KV

Per il dimensionamento dei cavi A 36 kV stato adoperato il criterio termico (come indicato dalla CEI UNEL 35027), utilizzando il criterio elettrico come ulteriore verifica delle sezioni scelte. Per il criterio termico è necessario individuare innanzitutto la corrente d'impiego I_b per la singola tratta, in modo da garantire che la portata del cavo I_0 (opportunosamente corretta) sia sempre maggiore della corrente d'impiego prevista.

$$I_z = K_{TT} \cdot K_d \cdot K_p \cdot K_r \cdot I_0 > I_b$$

Dove:

- K_{TT} è il coefficiente di correzione per posa interrata e temperature ambientali diverse dai 20 °C;
- K_d è il coefficiente di correzione per cavi tripolari (nel nostro caso assumeremo 1 perché adoperiamo cavi unipolari);
- K_p è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversa da 0,8 m (cavi direttamente interrati);
- K_r è il coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da 1,5 K m/W (cavi direttamente interrati)

Per il criterio elettrico è necessario verificare che la massima caduta di tensione sul cavidotto, nelle condizioni di funzionamento ordinario e particolari previsti (per es. avviamento motori), sia entro valori accettabili in relazione al servizio. Indicazioni circa i valori ammissibili per la caduta di tensione possono essere ricavati dalle norme relative agli apparecchi utilizzatori connessi e dalle norme relative agli impianti, ove applicabili. Nel caso specifico si assume:

$$\Delta V = K_L \cdot (R I \cos\varphi + X I \sin\varphi) \leq 4\%$$

Dove:

- K_L , coefficiente di linea: 2 per linea monofase e $\sqrt{3}$ per linea trifase;
- R , resistenza del cavo;
- X , reattanza del cavo;
- I , corrente di impiego (I_b);
- $\cos\varphi$ ($\sin\varphi$), fattore di potenza.

Si riportano i dati di progetto per il dimensionamento delle varie tratte del cavidotto interno e del cavidotto esterno, dove con la prima lettera indichiamo il sottocampo di partenza e con la seconda lettera indichiamo il punto di arrivo, che può essere sia un Sottocampo che la Cabina di Raccolta (CR):

Tabella 12. Dati di Progetti per Dimensionamento Elettrico

| Sottocampi Interessati | A-B | | C-D | | Cavidotto |
|--|------------|-------------|------------|-------------|------------------|
| | A-B | B-CR | D-C | C-CR | |
| Tratta | | | | | |
| <i>Potenza Tratta [kW]</i> | 1793 | 6002 | 4209 | 8418 | 14420 |
| <i>Corrente d'Impiego I_b [A]</i> | 30,27 | 101,32 | 71,05 | 142,11 | 243,43 |
| <i>Lunghezza Linea [km]</i> | 1,10 | 1,10 | 0,40 | 0,20 | 2,20 |
| <i>Tensione Linea [kV]</i> | 36,00 | | | | |
| $\Delta V\%$ | 4,00 | | | | |
| $\cos \varphi$ | 0,95 | | | | |
| <i>Tipo di posa</i> | Interrato | | | | |
| <i>Tipo di linea</i> | Trifase | | | | |
| <i>Temperatura Amb. [°C]</i> | 25 | | | | |
| <i>Temperatura di Posa [°C]</i> | 35 | | | | |
| K_{TT} | 0,89 | | | | |
| <i>Profondità di Posa [m]</i> | 1,20 | | | | |
| K_P | 0,98 | | | | |
| <i>Numero Terne nello Scavo</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| K_N | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| <i>Distanza Terne [mm]</i> | 250 | | | | |
| ρ [K m/W] | 1,5 | | | | |
| K_R | 1,00 | | | | |

Si riportano di seguito le scelte progettuali delle sezioni dei cavi ARE4H5E – 20,8/36 kV:

Tabella 13. Dimensionamento Cavi

| Tratta | A-B | B-CR | D-C | C-CR | Cavidotto |
|--------------------------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------------|
| <i>Sezione Cavo [mm²]</i> | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 |

| | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Cavi in Parallelo</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Portata Cavo I_0 [A]</i> ⁶ | 321,00 | 321,00 | 321,00 | 321,00 | 321,00 |
| <i>Portata effettiva I_z [A]</i> | 279,98 | 279,98 | 279,98 | 279,98 | 279,98 |

Si riportano nella tabella successiva le caratteristiche meccaniche ed elettriche in funzione delle sezioni scelte:

Tabella 14. Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta

| Sezione [mm ²] | Diametro Conduttore d [mm] | Diametro sull'isolante Di [mm] | Diametro esterno nominale D [mm] | Massa indicativa del cavo [kg/km] | Resistenza a trifoglio @ 90 °C [Ω/ km] | Reattanza a trifoglio @ 50 Hz [Ω/ km] |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|--|
| 185 | 16 | 32,6 | 40,7 | 1450 | 0,333 | 0,130 |

Di seguito una tabella riepilogativa con le perdite ricavate a partire dalle caratteristiche del cavo e dalla configurazione d'impianto:

Tabella 15. Perdite d'impianto

| Tratta | A-B | B-CR | D-C | C-CR | Cavidotto |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| <i>Caduta di Tensione</i> | 9,28 V 0,03 % | 31,05 V 0,09 % | 7,92 V 0,02 % | 15,84 V 0,04 % | 149,20 V 0,41 % |
| <i>Potenza Dissipata</i> | 0,40 kW 0,02 % | 4,46 kW 0,07 % | 0,80 kW 0,02 % | 3,19 kW 0,04 % | 51,44 kW 0,36 % |

Come si può evincere dalla tabella, la c.d.t. totale dell'impianto stimata è pari a:

$$\Delta V = 213,29 (0,59 \%) < 1200 \text{ V } (4\%)$$

Per quanto riguarda la potenza dissipata, rientriamo in un valore nettamente inferiore al **2%**.

⁶ Trifoglio, direttamente interrato, a $\rho = 1,5 \text{ K m } / \text{W}$

11 SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO

Si riporta di seguito un estratto dello schema unifilare dell’impianto agro-fotovoltaico in esame. Per maggiori dettagli, si rimanda alla tavola “FV.CST01.PD.H.04 – Schema Elettrico Unifilare”.

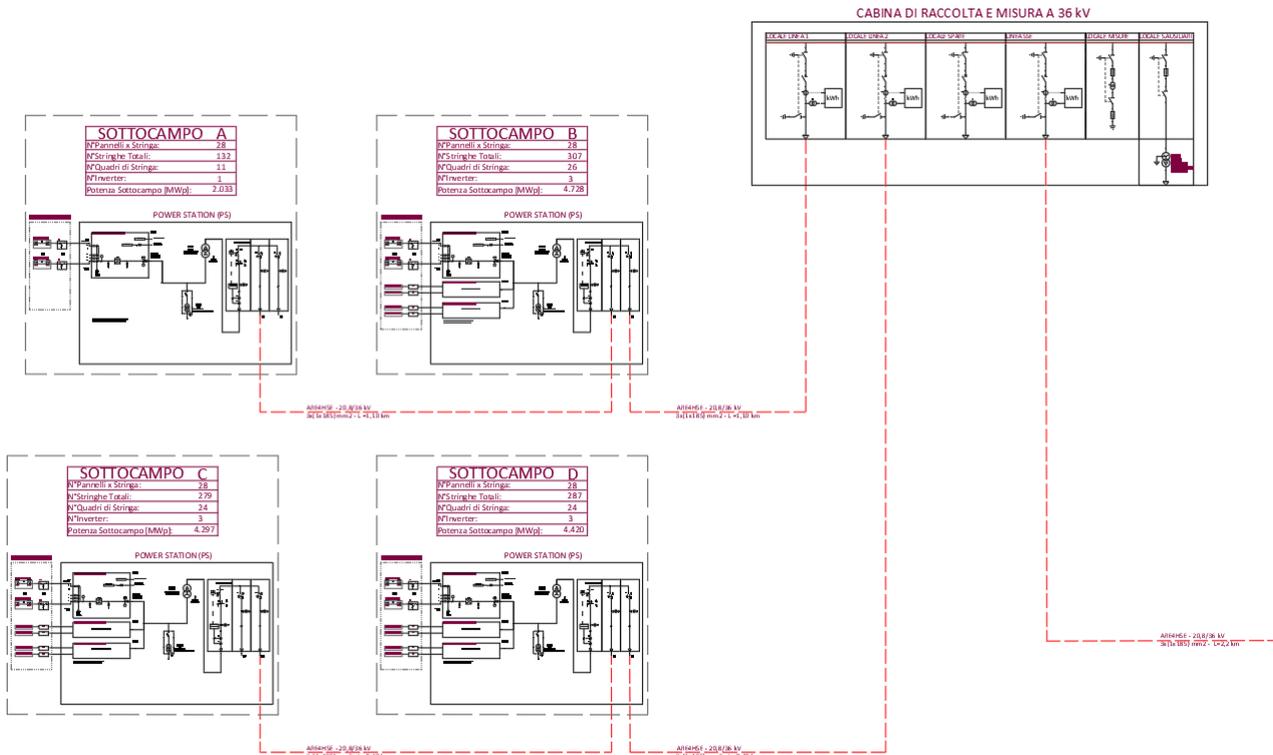


Figura 15. Estratto Schema Elettrico Unifilare